

(19) Japan Patent Office (JP)
(12) Publication of Patent Application (A)
(11) Publication Number of Patent Application: 11-135400
(43) Date of Publication of Application: May 21, 1999
(51) Int. Cl.⁶: Domestic Classification Symbol

H01L 21/027

G03F 7/20 521

FI:

H01L 21/30 516 B

G03F 7/20 521

H01L 21/30 516 C

518

Request for Examination: Not made

Number of Claims: 15 OL (13 pages in total)

(21) Application Number: Patent Application 9-299775

(22) Application Date: October 31, 1997

(71) Applicant: 000004112

Nikon Corporation

2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo

(72) Inventors: Tetsuo Taniguchi

c/o Nikon Corporation

2-3, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo

(74) Agent: Patent Attorney, Satoshi Ohmori

(54) [Title of the Invention]

LITHOGRAPHIC PRINTER

(57) [Abstract]

[Problem] to reduce the size of the reticle or wafer aligning stage while maintaining the function to measure the exposure light state or the imaging characteristics.

[Means for Resolution] A wafer W is put on a wafer stage WST that is arranged to move in X and Y directions over a base 13. A reticle-pattern image is printed in an exposure area 12 over the wafer W and the reticle and the wafer W are scanned in the Y direction, thereby effecting a printing. A measurement stage 14 is arranged over the base 13, to move in X and Y directions independently of the wafer stage WST. On the measurement stage 14, there is formed a spatial-image detecting system including an illumination-dosage monitor 18, an illuminance-nonuniformity sensor 19 and a measurement plate 20 formed with a slit. Because the wafer stage WST is satisfactorily provided with the minimally required functions for printing, the wafer stage WST can be reduced in size and weight.

[Claims]

[Claim 1]

A printer that transfers a pattern formed on a mask onto a substrate by use of an exposure beam, the printer comprising:

a first stage that holds at least one of the mask and the substrate and moves a predetermined area;

a second stage that is independent of the first stage;
and

a measuring instrument that is attached on the second stage and measures a state of the exposure beam.

[Claim 2]

A printer according to claim 1, wherein the second stage is arranged to move independently of the first stage.

[Claim 3]

A printer according to claim 1, comprising a control unit that causes the first stage to move between a position to which the exposure beam is to be irradiated and a position to which the exposure beam is not to be irradiated.

[Claim 4]

A printer according to claim 2, comprising a control unit that causes the second stage to move between a position to which the exposure beam is to be irradiated and a position to which the exposure beam is not to be irradiated.

[Claim 5]

A printer according to claim 1, comprising a control unit

that aligns the second stage to a position to which the exposure beam is not to be irradiated when the first stage is in a position to which the exposure beam is to be irradiated.

[Claim 6]

A printer that projects a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the printer comprising:

a first stage that holds the substrate and moves across a predetermined area;

a second stage that is independent of the first stage;
and

a measuring instrument that is arranged on the second stage and measures an imaging characteristic of the projection optical system.

[Claim 7]

A printer according to claim 6, wherein the second stage is arranged to move independently of the first stage.

[Claim 8]

A printer according to claim 6, comprising a control unit that causes the first stage to move between a position within an exposure area due to the projection optical system and a position of outside the exposure area.

[Claim 9]

A printer according to claim 6, comprising a control unit that causes the second stage to move between a position of

within an exposure area due to the projection optical system and a position outside the exposure area.

[Claim 10]

A printer that transfers a pattern formed on a mask onto a substrate by use of an exposure beam, the printer comprising:

a stage arranged with a measuring instrument that measures a state of the exposure beam; and

a cooling device that is provided on the stage and cools the measuring instrument.

[Claim 11]

A printer that projects a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the printer comprising:

a stage arranged with a measuring instrument that measures an imaging characteristic of the projection optical system; and

a cooling device that is provided on the stage and cools the measuring instrument.

[Claim 12]

A printer that transfers a pattern formed on a mask onto a substrate by use of an exposure beam, the printer comprising:

a first stage that holds at least one of the mask and the substrate and moves across a predetermined area;

a second stage mounted with a measuring instrument that measures a state of the exposure beam; and

a heat insulation member that is arranged between the first stage and the second stage and cuts off heat conducting from the second stage.

[Claim 13]

A printer according to claim 12, wherein the heat insulation member is of a solid material low in thermal conductivity or a gas regulated in temperature.

[Claim 14]

A printer that projects a pattern formed on a mask onto a substrate through a projection optical system, the printer comprising:

a first stage that holds the substrate and moves across a predetermined area;

a second stage mounted with a measuring instrument that measures an imaging characteristic of the projection optical system; and

a heat insulation member that is arranged between the first stage and the second stage and cuts off heat conducting from the second stage.

[Claim 15]

A printer according to claim 14, wherein the heat insulation member is of a solid material low in thermal conductivity or a gas regulated in temperature.

[Detailed description of the Invention]

[0001]

[Technical field to Which the Invention Belongs]

The present invention relates to a lithographic printer for use in transferring a mask pattern onto a photosensitive substrate in a lithography process to manufacture, say, a semiconductor device, a liquid-crystal device or a thin-film magnetic head, which more particularly is suited in use on a printer having a measuring instrument that measures an exposure beam state, an imaging characteristic or the like.

[0002]

[Prior Art]

In the manufacture of a semiconductor device or the like, the printer of the one-shot exposure type (stepper) conventionally is frequently used in the transfer process of an on-reticle pattern, as a mask, onto a resist-applied wafer (or a glass plate or the like) under the existence of predetermined exposure light. Recently, attentions are also drawn to such a scanning-exposure type projection printer (scanning printer) as of a step-and-scan scheme that performs a printing by synchronously scanning the reticle and the wafer relative to a projection optical system, in order to accurately transfer a reticle pattern having a great area without increasing the size of the projection optical system.

[0003]

Those printers are required to make a printing at a proper exposure and in a state maintaining the imaging

characteristics high. For this reason, a measuring instrument is provided on a reticle stage to align the reticle or on a wafer stage to align the wafer, in order to measure the illuminance state of exposure light, etc. and the imaging characteristics including projective magnification, etc. For example, the measuring instruments for provision on the wafer stage include an irradiation-dosage monitor that measures the incident energy of exposure light upon the projection optical system, a spatial-image detecting system that measures the position, contrast, etc. of a projection image. Meanwhile, the measuring instruments for provision on the wafer stage include, say, a reference plate formed with an index mark for use in measuring the imaging characteristics of the projection optical system.

[0004]

[Problem that the Invention is to Solve]

In the conventional printer like the above, exposure is kept properly while maintaining the imaging characteristics high, by use of the measuring instruments provided on the reticle or wafer stage. On the contrary, the recent printer is required to enhance the throughput (productivity) in the printing process, in the manufacture of a semiconductor device or the like. The throughput-improving methods include a method to increase the exposure energy per unit time. Besides, there is a method that the stage drive rate is increased to

reduce the stepping time for the one-shot exposure type and to reduce the time of stepping and scanning exposure for the scanning exposure type.

[0005]

In this manner, in order to improve the stage drive rate, it is satisfactory to use a drive motor having a greater output where the stage systems are in the same size. Conversely, in order to improve the drive rate by means of a drive motor equal in output to the conventional one, the stage systems must be reduced in size and weight. However, where using a drive motor having a high output as in the former case, there is an increase of the heat caused at the drive motor. The increasing amount of heat causes delicately a thermal deformation in the stage system, possibly making it difficult to obtain such a high alignment accuracy as required for the printer. Therefore, there is a desire to make the stage system smaller in size and lighter in weight to a possible extent as in the latter case, in order to prevent the deterioration of alignment accuracy and improve the drive rate.

[0006]

Particularly, the scanning-exposure type printer has the major advantage that the improvement of drive rate reduces the scanning exposure time and greatly improves the throughput while the size reduction of the stage system improves the synchronous accuracy between a reticle and a wafer, thereby

improving also the imaging characteristics and overlay accuracy. Nevertheless, there encounters a difficulty in size-reducing the stage where various measuring instruments are provided on the reticle or wafer stage.

[0007]

Furthermore, where the reticle or wafer stage has a measuring instrument that measures an exposure light state, an imaging characteristic or the like, the measuring instrument usually includes a heat source such as an amplifier wherein the temperature of the measuring instrument is increased gradually by the irradiation of exposure light during measurement. As a result, the reticle or wafer stage delicately deforms to possibly deteriorate the alignment accuracy, overlay accuracy, etc. In the present situation, the deterioration of alignment accuracy, etc. is less in extent on the measuring instrument. In the future, the measuring instrument is expectedly required to suppress the effect of temperature rise to a greater extent as the circuit pattern is downscaled furthermore for a semiconductor device or the like.

[0008]

The present invention is in view of the foregoing points, and it is a first object of the present invention to provide a printer that the reticle or wafer aligning stage can be reduced in size in the state maintaining the function to measure

the exposure light state or the imaging characteristics. The invention has a second object to provide a printer having a measuring instrument to measure the exposure light state or the imaging characteristics and capable of reducing the adverse effect of temperature rise upon making a measurement by use of the measuring instrument.

[0009]

[Means for Solving the Problem]

A first printer according to the invention is a printer that transfers a pattern formed on a mask (R) onto a substrate (W) by use of an exposure beam, the printer comprising: a first stage (RST, WST) that holds at least one of the mask and the substrate and moves a predetermined area; a second stage (5, 14) that is independent of the first stage; and a measuring instrument (6, 18) that is attached on the second stage and measures a state of the exposure beam.

[0010]

According to the invention, the first stage for use in printing in the nature is provided with a minimally required function for printing so that the first stage can be made in a minimally required size, thereby making it possible to make the stage smaller in size and lighter in weight. Meanwhile, the measuring instrument, for measuring the illuminance, etc. of an exposure beam without having a direct bearing on printing, is mounted on the separate second stage, thus being allowed

to measure also the state of an exposure beam.

[0011]

In this case, the measuring instrument is, say, a photoelectric sensor that measures the total power of an exposure beam, an illuminance-nonuniformity sensor that measures the illuminance distribution of such an exposure beam, or the like. Meanwhile, the second stage is, say, arranged to move independently of the first stage on the movement plane of the first stage. At this time, by arranging the second stage in place of the first stage, the state of an exposure beam can be measured in the vicinity of the plane where the substrate is actually put.

[0012]

Meanwhile, a control unit (10) is desirably included that causes the first stage to move between a position to which the exposure beam is to be irradiated and a position to which the exposure beam is not to be irradiated. At this time, during measurement, the first stage is retracted from the position where an exposure beam is irradiated. Meanwhile, a control unit (10) is desirably included that causes the second stage to move between a position to which the exposure beam is to be irradiated and a position to which the exposure beam is not to be irradiated. This allows the measuring instrument of the second stage moves to the position to which an exposure beam is to be irradiated.

[0013]

Meanwhile, a control unit (10) is desirably included that aligns the second stage in a position to which the exposure beam is not to be irradiated when the first stage is in a position to which the exposure beam is to be irradiated. This makes it possible to separately use the two stages with efficiency between during printing and during measurement. Next, a second printer according to the invention is a printer that projects a pattern formed on a mask (R) onto a substrate (W) through a projection optical system (PL), the printer comprising: a first stage (WST) that holds the substrate and moves a predetermined area; a second stage (14) that is independent of the first stage; and a measuring instrument (20) that is arranged on the second stage and measures an imaging characteristic of the projection optical system.

[0014]

According to the invention, the first stage for use in printing in the nature is provided with a minimally required function for printing so that the first stage can be made in a minimally required size, thereby making it possible to make the first stage smaller in size and lighter in weight. Meanwhile, the measuring instrument, for measuring the imaging characteristics such as distortion without the direct need for printing, is mounted on the separate second stage, thus being allowed to measure also the imaging characteristics.

[0015]

In this case, the measuring instrument is, say, a projection-image position sensor, a measuring index mark, a measuring reference plane or the like. Meanwhile, the second stage is, say, arranged to move independently of the first stage on the movement plane of the first stage. At this time, by arranging the second stage in place of the first stage, the imaging characteristics can be measured on the plane where the substrate is actually put.

[0016]

Meanwhile, a control unit (10) is desirably included that causes the first stage to move between a position within an exposure area due to the projection optical system and a position outside the exposure area. At this time, during measurement, the first stage is retracted from the exposure area. Likewise, a control unit (10) is desirably included that causes the second stage to move between a position within an exposure area due to the projection optical system and a position of outside the exposure area. At this time, during measurement, the measuring instrument of the second stage moves to the exposure area.

[0017]

Next, a third printer according to the invention is a printer that transfers a pattern formed on a mask (R) onto a substrate (W) by use of an exposure beam, the printer

comprising: a stage (41) arranged with a measuring instrument (18, 19) that measures a state of the exposure beam; and a cooling device (44, 45A, 45B) that is provided on the stage and cools the measuring instrument. According to the invention, even in case the measuring instrument is used and the temperature of the measuring instrument rises upon measuring the illuminance, etc. of the exposure beam, it can be cooled by the cooling device, thus exerting no effects of temperature rise to the exposure area.

[0018]

Next, a fourth printer according to the invention is a printer that projects a pattern formed on a mask (R) onto a substrate (W) through a projection optical system (PL), the printer comprising: a stage (41) arranged with a measuring instrument (20, 42, 43) that measures an imaging characteristic of the projection optical system; and a cooling device (44, 45A, 45B) that is provided on the stage and cools the measuring instrument. According to the invention, even in case the measuring instrument is used and the temperature of the measuring instrument rises upon measuring the imaging characteristics, it can be cooled by the cooling device, thus exerting no effects of temperature rise to the exposure area.

[0019]

Next, a fifth printer according to the invention is a printer that transfers a pattern formed on a mask (R) onto a

substrate (W) by use of an exposure beam, the printer comprising: a first stage (WST, 41A) that holds at least one of the mask and the substrate and moves across a predetermined area; a second stage (14, 41Aa) mounted with a measuring instrument (18, 19) that measures a state of the exposure beam; and a heat insulation member (48) that is arranged between the first stage and the second stage and cuts off heat conducting from the second stage. According to the invention, even in case the measuring instrument includes a heat source or the temperature of the measuring instrument rises upon measuring the illuminance, etc. of the exposure beam by use of the measuring instrument, the heat insulation member hinders the conduction of heat, thus exerting no effects of temperature rise to the exposure area.

[0020]

In this case, the heat insulation member is, say, of a solid material (48) low in thermal conductivity or a gas regulated in temperature. Such a gas regulated in temperature uses a gas air-conditioned or the like. Next, a sixth printer according to the invention is a printer that projects a pattern formed on a mask (R) onto a substrate (W) through a projection optical system (PL), the printer comprising: a first stage (WST, 41A) that holds the substrate and moves across a predetermined area; a second stage (14, 41Aa) mounted with a measuring instrument (20) that measures an imaging characteristic of the

projection optical system; and a heat insulation member (48) that is arranged between the first stage and the second stage and cuts off heat conducting from the second stage. According to the invention, even in case the measuring instrument is used and the temperature of the measuring instrument rises upon measuring the imaging characteristics or the measuring instrument includes a heat source, the heat insulation member hinders the conduction of heat, thus exerting no effects of temperature rise to the exposure area.

[0021]

In this case, the heat insulation member is, say, of a solid material (48) low in thermal conductivity or a gas regulated in temperature.

[0022]

[Mode for Carrying Out the Invention]

With reference to Figs. 1 to 4, explanation will be now made below on a first embodiment of the present invention. Fig. 1 shows a projection printer of a step-and-scan scheme to be used in the present embodiment. During exposure in Fig. 1, the exposure light IL, emitted from an illumination system 1, including an exposure light source, a beam-forming optical system, an illuminance-uniformizing fly's-eye lens, a light-amount monitor, a variable aperture stop, a field stop and a relay lens, illuminates a reticle R at its slit-like illumination area of a pattern surface (lower surface) thereof

through a mirror 2 and a condenser lens 3. As exposure light IL can be used excimer laser light, e.g. KrF (wavelength: 248 nm) or ArF (wavelength: 193 nm), YAG-laser higher harmonics, mercury-lamp at i-line (wavelength: 365 nm) or the like. By switching the variable aperture stop in the illumination system 1, illumination can be desirably selected to a scheme among the usual illumination, orbicular illumination, so-called modified illumination, illumination with a small coherent factor (σ value) and the like. Where the exposure light source is a laser light source, its emission timing, etc. is under control of the main control system 10 taking total control of the apparatus overall operation, through a laser power source, not shown.

[0023]

The pattern image of the reticle R, formed in an illumination area 9 (see Fig. 3) due to the exposure light IL, is reduced at a projective magnification β (β : 1/4 times, 1/5 times or the like) and projected to a slit-like exposure area 12 over a wafer W applied with photoresist. From now on, explanation is with a Z-axis taken parallel with an optical axis AX of the projection optical system PL, an X-axis taken along the non-scanning direction (i.e. direction vertical to the Fig. 1 page) orthogonal to the scanning direction of the reticle R and wafer W in scan exposure on a plane vertical to the Z-axis, and a Y-axis taken along the scanning direction

(i.e. direction parallel with the Fig. 1 page).

[0024]

In the outset, an alignment sensor 16 of an image-processing scheme is provided adjacent the projection optical system PL, according to an off-axis scheme for wafer-W alignment. The alignment sensor 16 has a detection signal that is supplied to an alignment processing system of the main control system 10. The alignment sensor 16 is used to detect the position of an alignment mark (wafer mark) formed on the wafer W. The spacing (baseline amount), between a detection center of the alignment sensor 16 and a center of a reticle-R projection image given by the projection optical system PL, is previously determined with accuracy and stored in an alignment processing system of the main control system 10. From the detection result of the alignment sensor 16 and the baseline amount thereof, alignment is accurately effected between a wafer-W shot area and a reticle-R projection image. Though not shown, a reticle-alignment microscope is arranged above the reticle R in order to detect the alignment mark on the reticle R.

[0025]

The reticle R is held on a reticle stage RST by vacuum clamp. The reticle stage RST is rested, moveable in the Y direction, over two guides 4A, 4B arranged parallel in the Y direction through bearings. Furthermore, in this embodiment,

a measurement stage 5 is arranged, movable in the Y direction and independently of the reticle stage, over the guides 4a, 4B through air bearings.

[0026]

Fig. 3 is a plan view showing the reticle stage RST and measurement stage 5. In Fig. 3, the reticle stage RST and the measurement stage 5 are rested along the guide 4A, 4B extending in the Y direction so that those can be each driven in the Y direction by means of a not-shown linear motor or the like. The guides 4A, 4B have a length set up longer by at least a width of the measurement stage 5 than the movement stroke of the reticle stage RST during scan exposure. Meanwhile, the reticle stage RST is structured by a combination of a rough stage to move in the Y direction and a fine stage that is adjustable finely in position two-dimensionally over the rough stage.

[0027]

On the measurement stage 5, there is fixed a reference plate 6 formed of a glass plate elongate in the X direction. On the reference plate 6, a plurality of index marks are formed in a predetermined arrangement in order to measure a imaging characteristics of the projection optical system PL. The reference plate 6 has a size to cover the slit-like illumination area 9 of exposure light to the reticle R, more specifically the projection optical system PL at its field-of-vision on a

side closer to the reticle R. The use of the reference plate 6 eliminates the need to prepare a reticle exclusive for imaging-characteristic measurement. Moreover, the exchange time is made unnecessary between the reticle R for actual printing and the exclusive reticle. This allows for frequent measurements of imaging characteristics, thus making it possible to correctly follow the change in time of the projection optical system PL.

[0028]

In this manner, the embodiment is independently provided with the measurement stage 5 for the reference plate 6 wherein no measuring members but the reticle R are mounted on the reticle stage RST itself. Namely, because the reticle stage RST is satisfactorily provided with minimally required scanning and alignment functions for scan exposure, the reticle stage RST is realized smaller in size and lighter in weight. Accordingly, because the reticle stage RST can be scanned at higher rate, throughput improves in the printing process. Particularly in the case of reduced projection, the scan rate of the reticle stage RST is given $1/\beta$ times (e.g. four times or five times) the scan rate of the wafer stage. Thus, the upper limit of scan rate possibly is nearly determined by the reticle stage, in which case throughput particularly is improved significantly in the present embodiment.

[0029]

Meanwhile, from a laser interferometer 7Y set up in a +Y direction relative to the guides 4A, 4B, a laser beam is irradiated to a movement mirror on a +Y-directional side surface of the reticle stage RST. From biaxial laser interferometers 7X1, 7X2 set up in a +X direction, laser beams are irradiated to a movement mirror on a +X-directional side surface of the reticle stage RST. The laser interferometers 7Y, 7X1, 7X2 measure the X and Y coordinates and rotation angle of the reticle stage RST, which measurement values are supplied to the Fig. 1 main control system 10. The main control system 10 takes control of the rate and position of the reticle stage RST through the linear motor, etc., depending upon the measurement values. Meanwhile, from a laser interferometer 8Y set up in a -Y direction relative to the guides 4A, 4B, a laser beam is irradiated to a movement mirror on a -Y-directional side surface of the measurement stage 5. The laser interferometer 8Y measures the Y coordinate of the measurement stage 5 that is supplied to the main control system 10. The Y-axis laser interferometers 7Y, 8Y have optical axes that respectively extend in the Y direction and pass the center of the illumination area 9, i.e. the optical axis AX of the projection optical system PL. The laser interferometers 7Y, 8Y both measure, at all times, the position of the reticle stage RST and measurement stage 5 in a scanning direction.

[0030]

During the measurement of imaging characteristics, in case the reticle stage RST is retracted in the +Y direction and the measurement stage 5 is moved in the Y direction in a manner the reference plate 6 covers the illumination area 9, the laser beams of from the laser interferometers 7X1, 7X2 are moved off the side surface of the reticle stage RST and illuminated to the movement mirror on the +X-directional side surface of the measurement stage 5. Depending upon the measurement value obtained from the laser interferometers 7X1, 7X2 at this time, the main control system 10 accurately controls the position of the measurement stage 5 through the linear motor, etc. Incidentally, on this occasion, in the case the reference plate 6 is desirably aligned more accurately with the illumination area 9, an alignment mark is satisfactorily formed on the reference plate 6 so that the mark can be detected in position by use of the reticle-alignment microscope.

[0031]

Meanwhile, during measurement, the reticle stage RS is not measured for the position in the non-scanning direction. However, when the reticle stage RST reaches the below of the illumination area 9 in order for printing, the laser beams of from the laser interferometers 7X1, 7X2 become irradiated again to the movement mirror of the reticle stage RST. Because the final alignment is by use of the reticle-alignment microscope, there are no inconvenient disconnections in the

laser beam of from the laser interferometers 7X1, 7X2.

[0032]

Referring back to Fig. 1, the wafer W is held on the wafer stage WST through a not-shown wafer holder. The wafer stage WST is arranged, for movement in the X and Y directions, upon the base 13 through an air bearing. The wafer stage WST is built therein with a focus-leveling mechanism taking control of the Z-directional position (in-focus position) and inclination angle of the wafer W. Meanwhile, separately from the wafer stage WST, a measurement stage 14 having a variety of measuring instruments is arranged upon the base 13 through an air bearing in a manner to move in the X and Y directions. The measurement stage 14 also is built therein with a mechanism taking control of an in-focus position on the upper surface thereof.

[0033]

Fig. 2 is a plan view showing a wafer stage WST and a measurement stage 14. In Fig. 2, a coil string is buried, say, in a predetermined arrangement in the interior of the base 13 with respect to the surface thereof. Magnet strings are buried, together with yokes, respectively in the bottoms of the wafer stage WST and measurement stage 14. The coil string and the corresponding magnet string constitute a plane motor. By means of the plane motors, the wafer stage WST and the measurement stage 14 are independently controlled in X and Y

directional positions and rotation angle. Incidentally, such a plane motor is disclosed in greater detail in JP-A-H8-51756, for example.

[0034]

The wafer stage WST in the embodiment has the minimal functions required for printing. Namely, the wafer stage WST has a focus-leveling function. Moreover, on the wafer stage WST, there are fixed two members, i.e. a wafer holder (on wafer-W bottom side) to vacuum-clamp the wafer W and a reference mark plate 17 for use in measuring the position of the wafer stage WST. A reference mark (not shown) is formed on the reference mark plate 17, to provide a positional reference in the X and Y directions. By detecting the position of the reference mark by means of the alignment sensor 16, the wafer stage WST (wafer W) is detected in its positional relationship, say, to a reticle-R projection image.

[0035]

Meanwhile, the measurement stage 14 has a surface set up nearly equal in height to the surface of the wafer W on the wafer stage WST. On the measurement stage 14, there are fixed a irradiation-dosage monitor 18 formed by a photoelectric sensor to measure the energy (incident energy) per unit time of the whole part of exposure light passed the projection optical system PL, an illumination-nonuniformity sensor 19 formed by a photoelectric sensor to measure the illuminance

distribution in the slit-like exposure area 12 given by the projection optical system P1, and a measurement plate 20 formed with slits 21X, 21Y for use in measuring the imaging characteristics. A focus lens and a photoelectric sensor are arranged on the bottom side of each of X-axis and Y-axis slits 21X, 21Y of the measurement plate 20. The measurement plate 20, the photoelectric sensors, etc. constitute a spatial-image detecting system. Incidentally, rectangular opening edges may be used in place of the slits 21X, 21Y. The irradiation-dosage monitor 18 is formed with an imaging plane having a size covering the exposure area 12. The illuminance-nonuniformity sensor 19 has an imaging plane formed in a pinhole form. The irradiation-dosage sensor 18 and the illuminance-nonuniformity sensor 19 have detection signals to be supplied to the Fig. 1 main control system 10.

[0036]

Meanwhile, the photoelectric sensor, provided in the bottom of the measurement plate 20, has a detection signal to be supplied to the Fig. 1 imaging-characteristic operation system 11. In this case, during measuring the imaging characteristics of the projection optical system PL, the reference plate 6 on the measurement stage 5, closer to the Fig. 3 reticle, is moved to the illumination area 9. The index-mark IM image, formed on the reference plate 9, is projected toward the wafer stage. While scanning the image

in the X and Y directions by means of the slits 21X, 21Y of the measurement plate 20, the signal of from the photoelectric sensor in the bottom is fetched by means of the imaging-characteristic operation system 11. The imaging-characteristic operation system 11 processes the detection signal and detects the position and contrast of the index-mark IM image, and determines imaging characteristics, such as curvature-of-field, distortion and best-in-focus position, of the projection image from the detection result and outputs those to the main control system 10. Furthermore, though not shown, there is also provided a mechanism that drives a predetermined lens of the projection optical system PL and corrects a predetermined imaging characteristic, such as distortion. The main control system 10 is structured allowed to correct for the imaging characteristics of the projection optical system PL through the correction mechanism.

[0037]

In Fig. 2, the sensors, e.g. the irradiation-dosage monitor 18 and illuminance-nonuniformity sensor 19 and the photoelectric sensor at the bottom of the measurement plate 20 that are provided on the measurement stage 14, are each connected with a heat source, such as an amplifier, and with a power or communication signal cable. Accordingly, in case those sensors are mounted on the wafer stage WST for printing, alignment accuracy possibly deteriorates due to the heat

source or signal cable tension accompanied by the sensors. Meanwhile, the thermal energy of exposure light irradiation for measuring the imaging characteristics, etc., possibly incurs a worsening of alignment accuracy. On the contrary, in the present embodiment, such sensors are provided in the measurement stage 14 separated from the wafer stage WST for printing. Thus, there is a merit that the wafer stage WST can be reduced in size and weight wherein alignment accuracy can be prevented from lowering due to the thermal energy of from the heat sources of the measurement sensors or of the exposure light under measurement. By virtue of the size reduction of the wafer stage WST, the wafer stage WST is improved in moving rate and controllability, thus enhancing the throughput in the printing process and improving the alignment accuracy, etc. furthermore.

[0038]

Meanwhile, from the laser interferometer 15 arranged in the +Y direction relative to the base 13, a laser beam is irradiated to the movement mirror on the +Y-directional side surface of the wafer stage WST. From the biaxial laser interferometers 15X1, 15X2 arranged in the -Y direction, laser beams are irradiated to the movement mirror on the -X-directional side surface of the wafer stage WST. The wafer stage WST is measured in its X and Y coordinates and rotational angle by means of the laser interferometers 15Y, 15X1, 15X2,

which measurement value is supplied to the Fig. 1 main control system 10. Depending upon the measurement value, the main control system 10 controls the rate and position of the wafer stage WST through the plane motor. Meanwhile, during measuring the incident energy, etc. of exposure light, the laser beam for positional measurement is irradiated to the movement mirror of the measurement stage 14.

[0039]

Fig. 4 shows an arrangement example of the wafer stage WST and measurement stage 14 under measurement of incident energy, etc. of exposure light. As shown in Fig. 4, in case the wafer stage WST is retracted to a position separated from the exposure area 12 and the measurement stage 14 is moved in a manner the exposure area 12 is over the measurement stage 14, the laser beams from the laser interferometers 15Y, 15X1, 15X2 go off the side surfaces of the wafer stage WST into an illumination to the movement mirror on the side surface of the measurement stage 14. Depending upon the measurement value obtained at this time from the laser interferometers 15Y, 15X1, 15X2, the main control system 10 places the position of the measurement stage 14 under accurate control through the plane motor. Incidentally, because the wafer stage WST and the measurement stage 14 are also to be roughly controlled by driving the plane motor on an open loop, the main control system 10 drives the wafer stage WST and measurement stage 14 in

position according to an open-loop scheme in the state no laser beams are irradiated. However, besides the laser interferometers 15Y, 15X1, 15X2, a linear encoder, etc. may be provided to detect the position of the wafer stage WST and measurement stage 14 at a predetermined accuracy so that positional measurement can be made by using the linear encoder, etc. in the state no laser are irradiated.

[0040]

Referring back to Fig. 1, though not shown, on the side surface of the projection optical system PL, there is arranged an focal-point detecting system (AF sensor) of an oblique incident type that projects a slit image onto a plurality of measuring points on the surface of the wafer W and detects an in-focus position in the corresponding measuring point from a lateral deviation of the slit image refocused by the reflection light thereof. Depending upon the detection result of the focal-point detecting system, the wafer-W surface under scan exposure is focused on the image plane of the projection optical system PL. Incidentally, although omitted in Fig. 2, on the measurement stage 14, there is also mounted a reference member having a reference plane for detecting the in-focus position.

[0041]

Now explanation is made on the operation of the projection printer of this embodiment. At first, the amount

of exposure light IL incident upon the projection optical system PL is measured by use of the measurement stage 14 on the wafer-stage side. In this case, in order to measure the incident light amount in a state the reticle R is loaded, a printing reticle-R is loaded onto the reticle stage RST, in Fig. 1. The reticle R is moved to the illumination area of exposure light IL. Thereafter, as shown in Fig. 4, the wafer stage WST retracts, say, in the +Y direction over the base 13 and the measurement stage 14 moves toward the exposure area 12 due to the projection optical system PL. Thereafter, the measurement stage 14 is stopped in a position that the irradiation-dosage monitor 18, at its image plane, of the measurement stage 14 covers the exposure area 12. In this state, the amount of exposure light IL is measured through the irradiation-dosage monitor 18.

[0042]

The main control system 10 supplies the measured amount of light to the focus-characteristic operation system 11. On this occasion, the focus-characteristic operation system 11 is supplied also with the measurement value obtained by detecting a luminous flux obtained by branching the exposure light IL in the illumination system 1. Based on the two measurement values, the focus-characteristic operation system 11 calculates a coefficient for indirectly operating the amount of incident light upon the projection optical system

PL, from the light amount monitored in the illumination system 1. In this duration, a wafer W is loaded onto the wafer stage WST. Thereafter, as shown in Fig. 2, the measurement stage 14 retracts to a position separated from the exposure area 12, to move the wafer stage WST such that the wafer W, at its center, on the wafer stage WST comes in a position nearby the optical axis (exposure area 12 center) of the projection optical system PL. While the wafer stage WST is in a retraction, no laser beams are irradiated from the laser interferometers 15Y, 15X1, 15X2 as shown in Fig. 4 so that position control is performed, say, by driving the plane motor according to an open-loop scheme.

[0043]

Thereafter, when the measurement stage 14 retracts from the exposure area 12 and the laser beams of the laser interferometers 15Y, 15X1, 15X2 are started irradiated to the wafer stage WST, the wafer stage WST is brought under control in position depending upon the measurement values of the interferometers. Thereafter, by using the not-shown reticle-alignment microscope in the above of the reticle R, the reticle stage RST is driven in a manner bringing the positional deviation of between the predetermined alignment mark on the reticle R and the predetermined reference mark on the Fig. 2 reference mark member 17 to a predetermined target value, reticle-R alignment is effected. Nearly

simultaneously therewith, another reference mark on the reference mark member 17 is detected in position by the Fig. 1 alignment sensor 16 thereby correctly detecting the positional relationship (baseline amount) of the wafer stage WST relative to a reticle-R projection image.

[0044]

Then, by detecting the position of the wafer mark added on the predetermined shot (sample shot) area on the wafer W through the alignment sensor 16, each shot area on the wafer W can be determined for its arrangement coordinate. Thereafter, depending upon the arrangement coordinate and the known baseline amount of the alignment sensor 16, scan exposure is conducted while performing the alignment between the shot area to print of the wafer W and the reticle-R pattern image.

[0045]

During scan exposure, the reticle R is scanned at a rate VR in the +Y direction (or -Y direction) through the reticle stage RST relative to the exposure-light IL illumination area 9 (see Fig. 3) in Fig. 1, in synchronization with which the wafer W is scanned at a rate $\beta \cdot VR$ (β : projective magnification) in the -X direction (or +X direction) through the wafer stage WST relative to the exposure area 12. The reason the scanning is opposite in direction is that the projection optical system PL projects an inversion image. After completing the printing on one shot area, the next shot area is moved to the scan start

position by stepping of the wafer stage WST. From then on, printing is effected to the shot areas in order, according to the step-and-scan scheme. During the scan exposure, the measurement stage 14 on the wafer-stage side and the measurement stage 5 on the reticle-stage side are both retracted to the outside of the exposure area, as shown in Figs. 2 and 3.

[0046]

Meanwhile, during printing, the luminous flux branched from the exposure light IR is under measurement for light amount at all times, say, within the illumination system 1, into a supply to the imaging-characteristic operation system 11. The imaging-characteristic operation system 11 calculates the amount of exposure light IL entering the projection optical system PL depending upon the light-amount measurement value and the previously determined coefficient, and the change amount of imaging characteristics (magnification, distortion, etc.) through the projection imaging system PL caused due to the absorption of exposure light IL, thus supplying the result of calculation to the main control system 10. The main control system 10 corrects the imaging characteristic by driving, say, a predetermined lens of the projection optical system PL.

[0047]

The above is for the usual printing. When measuring for apparatus state in the maintenance of the printer of this

embodiment, measurement is made by moving the measurement station 14 toward the exposure area 12. For example, when measuring the illuminance uniformity within the exposure area 12, the reticle R is removed from the reticle stage RST and then illuminance distribution is measured while slightly moving the illuminance-nonuniformity sensor 19 in the X and Y directions within the exposure area 12. On this occasion, in case there is a need to determine the position of the measurement stage more correctly, a reference mark member corresponding to the reference mark member 17 may be provided on the measurement stage 14 similarly to the wafer stage WST so that the position of the reference mark within the reference mark member can be measured by the alignment sensor 16.

[0048]

Next, explanation is made on the operation of measuring the imaging characteristic of the projection optical system PL by use of the measurement stage 5 on the reticle-stage side and the measurement stage 14 on the wafer-stage side. In this case, in Fig. 3, the reticle stage RST retracts in the +Y direction and the reference plate 6 on the measurement stage 5 moves into the illumination area 9. At this time, because the laser beams in the non-scanning direction of from the laser interferometers 7X1, 7X2 are also brought into irradiation to the measurement stage 5, the measurement stage 5 can be aligned accurately depending upon the measurement value of the laser

interferometers 8Y, 7X1, 7X2.

[0049]

At this time, a plurality of index mark IM images are projected toward the wafer stage through the projection optical system PL, as already explained. In this state, the measurement stage 14 in Fig. 4 is driven to scan the index-mark IM images in the X and Y directions by means of the slit of the measurement plate 20. The detection signal of the photoelectric sensor at the bottom of the measurement plate 20 is processed in the image-characteristic operation system 11, thereby determining the positions and contrasts of the images. Meanwhile, while changing the in-focus position of the measurement plate 20 by a predetermined amount a time, the positions and contrasts of the images are determined. From the measurement results, the imaging-characteristic operation system 11 determines the change amounts of imaging characteristics, such as best in-focus position, curvature of field and distortion (including magnification errors), of the projection image of through the projection optical system PL. The change amounts are supplied to the main control system 10. When the change amount is in excess of a permissible range, the main control system 10 corrects the imaging characteristics of the projection image system PL.

[0050]

In the above embodiment, the wafer stage WST and the

measurement stage 14 are driven over the base 13 by means of the plane motors, as shown in Fig. 2. However, the wafer stage WST and the measurement stage 14 can be structurally driven two-dimensionally by a combination of one-dimensional motors. For this reason, with reference to Fig. 5, explanation is next made on a second embodiment that drives the wafer stage and the measurement stage each by a mechanism as a combination of one-dimensional motors. In this embodiment, the invention is also applied to a projection printer of a step-and-scan scheme wherein, in Fig. 5, the parts corresponding to Figs. 1 and 2 are attached with the same references to thereby omit the detailed explanations thereof.

[0051]

Fig. 5(a) is a plan view showing a projection printer at its wafer-stage side in the present embodiment while Fig. 5(b) is a front view thereof. In Figs. 5(a) and 5(b), two X-axis linear guides 34A, 34B are arranged parallel along the X direction over a base 33 while a Y-axis linear guide 32, elongate in the Y direction, is arranged in a manner connecting between the X-axis linear guides 34A, 34B. The Y-axis linear guide 32 is to be driven along the X-axis linear guides 34A, 34B by means of a not-shown linear motor.

[0052]

Meanwhile, a wafer stage 31 and a measurement stage 35 are arranged, movable in the Y direction but independently from

each other, along the Y-axis linear guide 32. A wafer W is vacuum-clamped on the wafer stage 31 through a not-shown wafer holder. On the measurement stage 35, there are fixed are an irradiation-dosage monitor 18, an illuminance-nonuniformity sensor 19 and a measurement plate 20. A photoelectric sensor is built in the bottom of the measurement plate 20. In this case, the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are rested, at bottoms, upon the base 33 respectively through air bearings so that the wafer stage 31 and the measurement stage 35 can be independently driven in the Y direction along the Y-axis linear guide 32 through a not-shown linear motor. Namely, the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are driven two-dimensionally and independently of each other along the Y-axis linear guide 32 and X-axis linear guides 34A, 34B. In this embodiment, the wafer stage 31 and the measurement stages 35 are measured for two dimensional positions by means of quarter-axial laser interferometers similarly to the laser interferometers 7Y, 7X1, 7X2, 8Y on the reticle-stage side in Fig. 3. Depending upon the measurement result, the wafer stage 31 and the measurement stage 35 are placed under control in position and drive rate. The other structure is similar to the first embodiment.

[0053]

In this embodiment, when measuring the irradiation energy of exposure light or the imaging characteristic of

through the projection optical system, the wafer stage 31 retracts to a position spaced in a -Y direction relative to the exposure area of light so that the measurement stage can move to the exposure area. Meanwhile, during printing, the measurement stage 35 retracts to a position spaced in a +Y direction relative to the exposure area with exposure light. Thereafter, by stepping the wafer stage 31 in the Y direction, the shot area for printing on the wafer W is moved to a scan-start position relative to the exposure area. Then, the wafer stage 31 is moved at a constant rate in the Y direction along the Y-axis linear guide 32 thereby effecting a scan exposure to the shot area.

[0054]

As described above, this embodiment arranges the measurement stage 35 along the Y-axis linear guide 32 independently of the wafer stage 31. This structure eliminates the need to drive the measurement stage 35 upon driving in the scanning direction (Y direction) requiring the higher accuracy of stage control. Moreover, because the wafer stage 31 is made smaller in size and lighter in weight, scanning rate can be improved wherein improved is the synchronization accuracy, etc. in scan exposure. Meanwhile, because the measurement stage 35 is to be driven simultaneously in the non-scanning direction (X direction), the drive mechanism has an increased burden. However, control accuracy is not needed

so high in the non-scanning direction as compared to in the scanning direction, there is less effect of such an increase of burden. Furthermore, because the measurement stage 35 as a heat source is separated from the wafer stage 31, the wafer stage 31 is prevented from lowering in alignment accuracy.

[0055]

Incidentally, in this embodiment, a second Y-axis linear guide 36 may be arranged parallel with the Y-axis linear guide 32 and movable in the X direction as shown by the two-dot chain line in Figs. 5(a) and 5(b), to arrange the measurement stage 35 movable in the Y direction on the Y-axis linear guide 32. This improves the control accuracy upon driving the wafer stage 31 in the X direction.

[0056]

Meanwhile, although the first embodiment arranged the reticle stage RST and the measurement stage 5 along the same guides 4A, 4B as shown in Fig. 3, the reticle stage RST and the measurement stage 5 may be provided to move independently and two-dimensionally as on the wafer-stage side in Fig. 2. Furthermore, the embodiments each provided one wafer stage WST, 31 on which a wafer W is to be placed thereon, such wafer stages to place wafers W thereon may be provided in a plurality. In this case, a method can be employed that printing is performed on one wafer stage while measurement for alignment or wafer exchange is on the other wafer stage. Likewise, a plurality

of reticle stages to place reticles R thereon may be also provided on the reticle-stage side so that different reticles can be placed on the plurality of reticle stages and subjected to exposure, in order, at the same shot area over the wafer under different exposure conditions (in-focus position, exposure amount, illumination condition, etc.).

[0057]

With reference to Figs. 6 and 7, explanation is next made on a third embodiment of the invention. This embodiment is provided with a cooling device that cools the measuring instrument provided on the wafer stage wherein, in Figs. 6 and 7, the parts corresponding to Figs. 1 and 2 are attached with the same references to thereby omit the detailed explanations thereof. Fig. 6 shows a projection printer of the present embodiment. In Fig. 6, a wafer W is arranged on the side of the exposure area 12 of through the projection optical system PL. The wafer W is held on a wafer stage 41 through a not-shown wafer holder. The wafer stage 41 rests upon a base 13, in a manner to be driven in the X and Y directions, say, by means of a plane motor. Though not shown, the wafer stage 41 is built therein with a mechanism that controls the wafer-W in-focus position and inclination angle. Furthermore, the wafer stage 41 is built therein with a mechanism for measuring an exposure-light IL or image-characteristic, in a manner surrounding the wafer W.

[0058]

Fig. 7 shows a plan view of the Fig. 6 wafer stage 41. In Fig. 7, in the vicinity of a wafer W (wafer holder), there are arranged a reference mark member 17, an irradiation-dosage monitor 18, an illuminance-nonuniformity sensor 19, and a measurement plate 20 formed with slits 21X, 21Y. Meanwhile, in the vicinity of the irradiation-dosage monitor 18 on the wafer stage 4, a recess 47 is formed to set up a portable reference illuminometer. A reference illuminometer is set up in the recess 47 so that illuminance can be matched between different projection printers by measuring the incident energy of exposure light IL. Furthermore, on the wafer stage 41 at its one corner, a reference member 46 is fixed formed with a reference surface that provides a reference in flatness, etc. In the present embodiment, a cooling device is provided to cool the heat source of the measuring mechanisms.

[0059]

Namely, as shown in Fig. 6 partially broken away, a focus lens 42 and a photoelectric sensor 43 are arranged in a slit 21Y bottom of the measurement plate 20. Though not shown, the photoelectric sensor 43 is connected with an amplifier, etc. Accordingly, a cooling tube 44 is laid within the wafer stage 41 in a manner passing the vicinity of the photoelectric sensor 43. The cooling tube 44 is supplied with a coolant of low-temperature liquid from the external cooling device

through a greatly-flexible tube 45A. The coolant, passing the tube 45A, is returned to the cooling device through the greatly flexible tube 45A. Meanwhile, the cooling tube 44 passes also the vicinity of the irradiation-dosage monitor 18 and illuminance-nonuniformity sensor 19, the recess 47 for the reference illuminometer, the reference mark member 17 and the bottom of the reference member 46. In this embodiment, because the thermal energy of from the heat source of the measuring instrument amplifier, etc. is released through the coolant of the cooling tube 44, wafer-W alignment accuracy, etc. is not to be worsened by the thermal energy. Meanwhile, even where exposure light IL is illuminated to the irradiation-dosage monitor 18 or the illumination-nonuniformity sensor 19 during measuring the incident energy, etc. of exposure light IL, the illumination energy is released through the coolant of the cooling tube 44. Thus, wafer-W alignment accuracy, etc. is not to be worsened by the thermal energy.

[0060]

Incidentally, although this embodiment cooled the measuring instrument by use of the liquid coolant, cooling may be made by feeding, say, air-conditioning air intensively to a vicinity of the measuring instrument. Next a fourth embodiment of the invention is explained with reference to Fig. 8. This embodiment provides a heat-insulation member between the wafer arrangement area (first stage) and the

measuring-instrument arrangement area (second stage), on the wafer stage wherein, in Fig. 8, the parts corresponding to Fig. 7 are attached with the same references to thereby omit the detailed explanations thereof.

[0061]

Fig. 8 shows a wafer stage 41A to be driven in X and Y directions on the base, similarly to Fig. 7 wafer stage 41. In Fig. 8, the wafer stage 41A has an upper part that is divided as a measuring-instrument arrangement area 41Aa and the other area by means of a heat insulation member 48 formed of a material low in heat conductivity. The material low in heat conductivity uses a metal such as stainless steel, iron or brass, or ceramics, glass or the like. A wafer W is put on the latter area through a wafer holder (not shown) wherein a reference mark member 17 is arranged providing a positional reference. In the former measuring-instrument arrangement area 41Aa, arranged are a reference mark member 17A formed with a mark providing a positional reference, an irradiation-dosage monitor 18, an illuminance-nonuniformity sensor 19, a reference member 46 having a reference plane and a measurement plate 20 formed with a slit. Furthermore, a recess 47 is formed on the measuring-instrument arrangement area 41Aa in order to set up a reference illuminometer.

[0062]

Although the present embodiment uses the measuring

instrument of within the measuring-instrument arrangement area 41Aa during the measurement of exposure light or imaging characteristic, the thermal energy generated at the measuring-instrument, etc. does not easily diffuse toward the wafer W through the heat insulation plate 48. Thus, wafer-W alignment accuracy, etc. is not to be worsened by the thermal energy. Likewise, there is a merit that the illumination energy, given by exposure light during measurement, does not easily diffuse toward the wafer W through the heat insulation plate 48.

[0063]

Incidentally, the air-conditioned air, of between the wafer stage WST and the measurement stage 14, can be regarded as a heat insulation member also in a separated structure of the wafer stage WST and measurement stage 14, as shown in Fig. 2, for example. Meanwhile, on the reticle-stage side, a heat insulation member may be arranged between the region where to rest the reticle and the region where to arrange the measuring instrument.

[0064]

Meanwhile, although the embodiments applied the invention to the step-and-scan-schemed projection printer, the invention is applicable also to a one-shot exposure type projection printer (stepper) and to a proximity printer not using a projection optical system. Besides printers,

application may be to an inspection device or repair device that uses a stage to position a wafer or the like.

[0065]

In this manner, the invention is not limited to the foregoing embodiments but can be structured within the scope not departing from the gist of the invention.

[0066]

[Effect of the Invention]

According to the first and second printers of the invention, the second stage having the measuring instrument is provided independently of the first stage that moves the mask or substrate. Accordingly, there is an advantage that the stage for aligning the mask or substrate can be reduced in size and weight in the state maintaining the function to measure the state of an exposure beam (exposure light) and the imaging characteristics of the projection optical system. Therefore, the stages can be improved in controllability, to improve the throughput in the printing process. Moreover, the heat source, such as a photoelectric sensor or an amplifier, structuring the measuring instrument is separated from the printing stage, thus improving the overlay accuracy, etc. Particularly, in case the invention is applied to such a scanning exposure type of printer as of the step-and-scan scheme, the improvement of scanning rate greatly improves the throughput. Thus the effect of the invention is significant.

[0067]

In those cases, where the second stage is arranged to move independently of the first stage, the first stage is allowed to move to the measuring area swiftly. Meanwhile, where providing a control unit capable of causing the first stage to move at between a position (exposure area) to which an exposure beam is to be irradiated and a position (non-exposure area) to which an exposure beam is not to be irradiated, the first stage can be retracted swiftly during measurement.

[0068]

Meanwhile, where providing a control unit capable of causing the second stage to move between a position (exposure area) to which an exposure beam is to be irradiated and a position (non-exposure area) to which an exposure beam is not to be irradiated, the second stage can be retracted swiftly during printing. Meanwhile, where providing a control unit capable of aligning the second stage in a position to which an exposure beam is not to be irradiated when the first stage is in a position to which an exposure beam is to be irradiated, the two stages can be separately used with efficiency.

[0069]

Next, according to the third or fourth printer of the invention, because there is provided a cooling device that cools the measuring instrument, it is possible to relieve the

adverse effect of temperature rise encountered in measuring the state of an exposure beam or the imaging characteristic of the projection optical system, thus providing an advantage of improving the alignment or overlay accuracy. Meanwhile, according to the fifth or sixth printer of the invention, because there is provided a heat insulation member between the two stages, it is possible to relieve the adverse effect of temperature rise encountered in measuring the state of an exposure beam or the imaging characteristic of the projection optical system, thus providing an advantage of improving the alignment or overlay accuracy.

[0070]

Meanwhile, when the heat insulation member is of a solid material low in thermal conductivity, the two stages can be moved in one body. Meanwhile, when the heat insulation member is of a gas regulated in temperature, there is obtained also an effect of first-stage size reduction.

[Brief Description of the Drawings]

[Fig. 1] is a schematic structural view showing a projection printer in a first embodiment of the present invention.

[Fig. 2] is a plan view showing a Fig. 1 wafer stage WST and measurement stage 14.

[Fig. 3] is a plan view showing a Fig. 1 reticle stage RST and measurement stage 5.

[Fig. 4] is a plan view serving for explaining the case to measure the state of exposure light by use of the measurement stage 14.

[Fig. 5] (a) is a plan view showing a wafer stage and measurement stage of a projection printer in a second embodiment of the invention, and (b) is a front view of Fig. 5(a).

[Fig. 6] is a schematic structural view partly broken away showing a projection printer in a third embodiment of the invention.

[Fig. 7] is a plan view showing a wafer stage of the Fig. 6 projection printer.

[Fig. 8] is a plan view showing a wafer stage of a projection printer in a fourth embodiment of the invention.

[Description of Reference Numerals and Signs]

R reticle

RST reticle stage

4A, 4B guide

5 reticle-stage side measurement stage

6 reference plate

PL projection optical system

W wafer

WST, 31, 41, 41A wafer stage

10 main control system

11 imaging-characteristic operation system

13 base
14, 35 wafer-stage side measurement stage
17 reference mark member
18 irradiation-dosage monitor
19 illuminance-nonuniformity sensor
20 measurement plate
32 Y-axis linear guide
33 base
34A, 34B X-axis linear guide
48 heat insulation plate

[Fig. 1]

10. Main control system

11. Imaging-characteristic operation system

A. Scanning direction

[Fig. 3]

A. Scanning direction

[Fig. 5](a)

A. Scanning direction

[Fig. 8]

48. Heat insulation plate

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-135400

(43) 公開日 平成11年(1999)5月21日

(51) IntCl ¹	識別記号	F I
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30 5 1 6 B
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20 5 2 1
		H 0 1 L 21/30 5 1 6 C
		5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 13 頁)

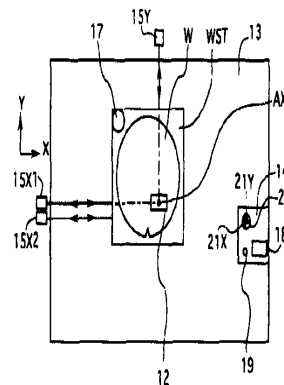
(21) 出願番号	特願平9-299775	(71) 出願人	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成9年(1997)10月31日		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
		(72) 発明者	谷口 哲夫 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内
		(74) 代理人	弁理士 大森 聡

(54) 【発明の名称】 露光装置

(57) 【要約】

【課題】 露光光の状態、又は結像特性を計測する機能を維持した上で、レチクル、又はウエハを位置決めするためのステージを小型化する。

【解決手段】 定盤13上にX方向、Y方向に移動自在に配置されたウエハステージWST上にウエハWが載置され、ウエハW上の露光領域12内にレチクルのパターン像が露光され、レチクル及びウエハWをY方向に走査することで露光が行われる。定盤13上にウエハステージWSTとは独立したX方向、Y方向に移動自在に計測用ステージ14が配置され、計測用ステージ14上に照射量モニター18、照度センサー19、及びビットが形成された測定板20を含む空間像検出系が設置されている。ウエハステージWSTは露光に必要な最小限の機能を備えればよいので、ウエハステージWSTが小型化、軽量化できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、

前記第1のステージとは独立した第2のステージと、該第2のステージに取り付けられて前記露光ビームの状態を計測する計測装置と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 請求項1記載の露光装置であって、前記第2のステージは、前記第1のステージとは独立に移動自在に配置されていることを特徴とする露光装置。

【請求項3】 請求項1記載の露光装置であって、前記露光ビームが照射される位置と前記露光ビームが照射されない位置との間で前記第1のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項4】 請求項2記載の露光装置であって、前記露光ビームが照射される位置と前記露光ビームが照射されない位置との間で前記第2のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項5】 請求項1記載の露光装置であって、前記第1のステージが前記露光ビームを照射される位置に有るときに、前記第2のステージを前記露光ビームが照射されない位置に位置決めする制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項6】 マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、前記基板を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、

前記第1のステージとは独立した第2のステージと、該第2のステージ上に配置されて前記投影光学系の結像特性を計測する計測装置と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項7】 請求項6記載の露光装置であって、前記第2のステージは、前記第1のステージとは独立に移動自在に配置されていることを特徴とする露光装置。

【請求項8】 請求項6記載の露光装置であって、前記投影光学系による露光領域内の位置と、該露光領域の外側の所定の位置との間で前記第1のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項9】 請求項6記載の露光装置であって、前記投影光学系による露光領域内の位置と、該露光領域の外側の所定の位置との間で前記第2のステージを移動させる制御装置を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項10】 マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、前記露光ビームの状態を計測する計測装置が配置されたステージと、該ステージに備えられ前記計測装置を冷却する冷却装置と、を有することを特徴とする露光装置。

【請求項11】 マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、前記投影光学系の結像特性を計測する計測装置が配置されたステージと、

該ステージに備えられ前記計測装置を冷却する冷却装置と、を有することを特徴とする露光装置。

【請求項12】 マスクに形成されたパターンを露光ビームを用いて基板上に転写する露光装置において、前記マスクと前記基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、前記露光ビームの状態を計測する計測装置が搭載された第2のステージと、

前記第1のステージと前記第2のステージとの間に配置され、前記第2のステージから伝導する熱を遮断する断熱部材と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項13】 請求項12記載の露光装置であって、前記断熱部材は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体であることを特徴とする露光装置。

【請求項14】 マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板上に投影する露光装置において、前記基板を保持して所定の領域を移動する第1のステージと、

前記投影光学系の結像特性を計測する計測装置が搭載された第2のステージと、前記第1のステージと前記第2のステージとの間に配置され、前記第2のステージから伝導する熱を遮断する断熱部材と、を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項15】 請求項14記載の露光装置であって、前記断熱部材は、熱伝導率の低い固体材料、又は温度調整された気体であることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィ工程で、マスクパターンを感光性の基板上に転写するために使用される露光装置に関し、特に露光ビームの状態、又は結像特性等を計測するための計測装置を備えた露光装置に使用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子等を製造する際に、所定の露光光のものでマスクとしてのレチクルのパターンを投影光学系を介してレジストの塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に転写する工程で、従来は一括露光型の投影露光装置（ステッパー）が多用されていた。最近では、投影光学系を大型化することなく大面積のレチクルのパターンを高精度に転写するために、レチクル及びウエハを投影光学系に対して同期走査して露光を行うステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置（走査型露光装置）も注目されている。

【0003】これらの露光装置では、常に適正な露光量で、且つ高い結像特性を維持した状態で露光を行う必要があるため、レチクルの位置決めを行うレチクルステージ、又はウエハの位置決めを行うウエハステージには、露光光の照度等の状態、及び投影倍率等の結像特性を計測するための計測装置が備えられている。例えばウエハステージに備えられている計測装置としては、投影光学系に対する露光光の入射エネルギーを計測するための照射量モニタ、及び投影像の位置やコントラスト等を計測するための空間像検出系等がある。一方、レチクルステージ上に備えられている計測装置としては、例えば投影光学系の結像特性計測用に用いられる指標マークが形成された基準板がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の如き従来の露光装置においては、レチクルステージ、又はウエハステージに設けられた計測装置を用いて、露光量の適正化が図られると共に、高い結像特性が維持されていた。これに対して、最近の露光装置には、半導体素子等を製造する際の露光工程のスループット（生産性）を高めることも要求されている。スループットを向上させるための方法としては、単位時間当たりの露光エネルギーを増加させる方法の他に、ステージの駆動速度を大きくして、一括露光型ではステップング時間を短縮し、走査露光型ではステップング時間及び走査露光時間を短縮する方法がある。

【0005】このようにステージの駆動速度を向上させるには、ステージ系が同じ大きさである場合にはより大きい出力の駆動モータを使用すればよく、逆に従来と同じ出力の駆動モータで駆動速度を向上させるには、ステージ系を小型化、軽量化する必要がある。ところが、前者のようにより大きい出力の駆動モータを使用すると、その駆動モータから発生する熱量が増大する。このように増大する熱量は、ステージ系の微妙な熱変形を生じ、露光装置で要求されている高い位置決め精度が得られなくなる恐れがある。そこで、位置決め精度の劣化を防止して、駆動速度を向上するには、後者のようにステージ系をできるだけ小型化、軽量化することが望まれる。

【0006】特に、走査露光型の露光装置では、駆動速度の向上によって走査露光時間が短縮されてスループットが大きく改善されると共に、ステージ系の小型化によってレチクルとウエハとの同期精度も向上して、結像性能や重合わせ精度も向上するという大きな利点がある。ところが、従来のようにレチクルステージ、又はウエハステージに各種計測装置が備えられている場合には、ステージを小型化するのは困難である。

【0007】更に、レチクルステージ、又はウエハステージに露光光の状態、又は結像特性等を計測するための計測装置が備えられている場合、その計測装置には通常

アンプ等の熱源が付属していると共に、計測中に露光光の照射によってその計測装置の温度が次第に上昇する。その結果、レチクルステージ、又はウエハステージが微妙に熱変形して、位置決め精度や重合わせ精度等が劣化する恐れもある。現状では、計測装置の温度上昇による位置決め精度等の劣化は僅かなものであるが、今後、半導体素子等の回路パターンが一度微細化につれて、計測装置の温度上昇の影響を抑制する必要性が高まると予想される。

【0008】本発明は斯かる点に鑑み、露光光の状態、又は結像特性を計測する機能を維持した状態で、レチクル、又はウエハを位置決めするためのステージを小型化できる露光装置を提供することを第1の目的とする。更に本発明は、露光光の状態、又は結像特性を計測する計測装置を備えると共に、その計測装置を使用して計測する際の温度上昇の悪影響を軽減できる露光装置を提供することを第2の目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の露光装置は、マスク（R）に形成されたパターンを露光ビームを用いて基板（W）上に転写する露光装置において、そのマスクとその基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージ（RST；WST）と、その第1のステージとは独立した第2のステージ（5；14）と、この第2のステージに取り付けられてその露光ビームの状態を計測する計測装置（6；18）と、を備えたものである。

【0010】斯かる本発明によれば、本来の露光に使用するその第1のステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1のステージの大きさは必要最小限にできるため、ステージの小型化、軽量化が可能になる。一方、露光に直接必要がなく、露光ビームの照度等の状態を計測する計測装置は、別の第2のステージに搭載されるため、露光ビームの状態も計測できる。

【0011】この場合、その計測装置の一例は、露光ビームの全体のパワーを計測する光電センサ、又はその露光ビームの照度分布を計測する照度分布センサ等である。また、その第2のステージは、一例として例えばその第1のステージの移動面上で、その第1のステージとは独立に移動自在に配置されているものである。このとき、その第1のステージの代わりにその第2のステージを配置することによって、マスク、又は基板が実際に配置される面の近傍での露光ビームの状態が計測できる。

【0012】また、その露光ビームが照射される位置とその露光ビームが照射されない位置との間でその第1のステージを移動させる制御装置（10）を備えることが望ましい。このとき、計測時にはその第1のステージが露光ビームの照射位置から待避される。また、その露光ビームが照射される位置とその露光ビームが照射されな

い位置との間でその第2のステージを移動させる制御装置（10）を備えることが望ましい。これによって、計測時にはその第2のステージの計測装置が露光ビームの照射位置に移動する。

【0013】また、その第1のステージがその露光ビームを照射される位置に有るときに、その第2のステージをその露光ビームが照射されない位置に位置決めする制御装置（10）を備えることが望ましい。これによって、露光時、及び計測時で2つのステージを効率的に使い分けられる。次に、本発明による第2の露光装置は、マスク（R）に形成されたパターンを投影光学系（PL）を介して基板（W）上に投影する露光装置において、その基板を保持して所定の領域を移動する第1のステージ（WST）と、その第1のステージとは独立した第2のステージ（14）と、この第2のステージ上に配置されてその投影光学系の結像特性を計測する計測装置（20）と、を備えたものである。

【0014】斯かる本発明によれば、本来の露光に使用するその第1のステージには露光に必要な最小限の機能のみを持たせることによって、その第1のステージの小型化、軽量化が可能になる。一方、露光に直接必要がなく、ディストーション等の結像特性を計測する計測装置は、別の第2のステージに搭載されるため、結像特性も計測できる。

【0015】この場合、その計測装置の一例は、投影像の位置センサ、計測用指標マーク、又は計測用基準面等である。また、その第2のステージは、一例として例えばその第1のステージの移動面上で、その第1のステージとは独立に移動自在に配置されているものである。このとき、その第1のステージの代わりにその第2のステージを配置することによって、その基板が実際に配置される面の結像特性が計測できる。

【0016】また、その投影光学系による露光領域内の位置と、この露光領域の外側の所定位置との間でその第1のステージを移動させる制御装置（10）を備えることが望ましい。このとき、計測時にはその第1のステージが露光領域から待避される。同様に、その投影光学系による露光領域内の位置と、この露光領域の外側の所定位置との間でその第2のステージを移動させる制御装置（10）を備えることが望ましい。このとき、計測時にはその第2のステージの計測装置が露光領域に移動する。

【0017】次に、本発明の第3の露光装置は、マスク（R）に形成されたパターンを露光ビームを用いて基板（W）上に転写する露光装置において、その露光ビームの状態を計測する計測装置（18、19）が配置されたステージ（41）と、このステージに備えられてその計測装置を冷却する冷却装置（44、45A、45B）と、を有するものである。斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して露光ビームの照度等を計測する際に

その計測装置が温度上昇しても、その冷却装置によって冷却されるため、露光部にはその温度上昇の影響が及ばない。

【0018】次に、本発明の第4の露光装置は、マスク（R）に形成されたパターンを投影光学系（PL）を介して基板（W）上に投影する露光装置において、その投影光学系の結像特性を計測する計測装置（20、42、43）が配置されたステージ（41）と、このステージに備えられてその計測装置を冷却する冷却装置（44、45A、45B）と、を有するものである。斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して結像特性を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その冷却装置によって冷却されるため、露光部にはその温度上昇の影響が及ばない。

【0019】次に、本発明の第5の露光装置は、マスク（R）に形成されたパターンを露光ビームを用いて基板（W）上に転写する露光装置において、そのマスクとその基板との何れか一方を保持して所定の領域を移動する第1のステージ（WST；41A）と、その露光ビームの状態を計測する計測装置（18、19）が搭載された第2のステージ（14；41Aa）と、その第1のステージとその第2のステージとの間に配置され、その第2のステージから伝導する熱を遮断する断熱部材（48）と、を備えたものである。斯かる本発明によれば、その計測装置が熱源を含んでいても、又はその計測装置を使用して露光ビームの照度等を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、その断熱部材によって熱伝導が阻害され、露光部にはその熱源や温度上昇の影響が及ばない。

【0020】この場合、その断熱部材の一例は、熱伝導率の低い固体材料（48）、又は温度調整された気体である。温度調整された気体としては、空置されている気体等が使用される。次に、本発明の第6の露光装置は、マスク（R）に形成されたパターンを投影光学系（PL）を介して基板（W）上に投影する露光装置において、その基板を保持して所定の領域を移動する第1のステージ（WST；41A）と、その投影光学系の結像特性を計測する計測装置（20）が搭載された第2のステージ（14；41Aa）と、その第1のステージとその第2のステージとの間に配置され、その第2のステージから伝導する熱を遮断する断熱部材（48）と、を備えたものである。斯かる本発明によれば、その計測装置を使用して結像特性を計測する際にその計測装置が温度上昇しても、又はその計測装置が熱源を含んでいても、その断熱部材によって熱伝導が阻害されるため、露光部にはその温度上昇等の影響が及ばない。

【0021】この場合も、その断熱部材の一例は、熱伝導率の低い固体材料（48）、又は温度調整された気体である。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1の実施の形態につき図1～図4を参照して説明する。図1は本例で用いられるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置を示し、この図1において露光時には、露光光源、ビーム整形光学系、照度分布均一化用のフライアイレンズ、光量モニタ、可変開口絞り、視野絞り、及びリレーレンズ系等を含む照明系1から射出された露光光ILは、ミラー2、及びコンデンサレンズ3を介してレチクルRのパターン面(下面)のスリット状の照明領域を照明する。露光光ILとしては、KrF(波長248nm)、若しくはArF(波長193nm)等のエキシマレーザ光、YAGレーザの高調波、又は水銀ランプのi線(波長365nm)等が使用できる。照明系1内の可変開口絞りを切り換えることによって、通常の照明方法、輪郭照明、いわゆる変形照明、及び小さいコヒーレンスファクタ(σ 値)の照明等の内の所望の照明方法を選択できるように構成されている。露光光源がレーザ光源である場合には、その発光タイミング等は装置全体の動作を統制制御する主制御系10が、不図示のレーザ電源を介して制御する。

【0023】レチクルRのその露光光ILによる照明領域9(図3参照)内のパターン像は、投影光学系PLを介して投影倍率 β (β は、1/4倍、又は1/5倍等)で縮小されて、フォトレジストが塗布されたウエハW上のスリット状の露光領域12に投影される。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で走査露光時のレチクルR及びウエハWの走査方向に直交する非走査方向(即ち、図1の紙面に垂直な方向)に沿ってX軸を取り、走査方向(即ち、図1の紙面に平行な方向)に沿ってY軸を取って説明する。

【0024】先ず、ウエハWのアライメント用のオフ・アクシス方式で画像処理方式のアライメントセンサ16が投影光学系PLに隣接して設けられており、アライメントセンサ16の検出信号が主制御系10内のアライメント処理系に供給されている。アライメントセンサ16は、ウエハW上に形成されている位置合わせ用のマーク(ウエハマーク)等の位置検出を行うために使用される。アライメントセンサ16の検出中心と投影光学系PLによるレチクルRの投影像の中心との間隔(ベースライン量)は予め高精度に求められて、主制御系10内のアライメント処理系に記憶されており、アライメントセンサ16の検出結果、及びそのベースライン量よりウエハWの各ショット領域とレチクルRの投影像とが高精度に重ね合わせられる。不図示であるが、レチクルRの上方にはレチクルR上のアライメントマークを検出するためのレチクルアライメント顕微鏡が配置されている。

【0025】次に、レチクルRは、レチクルステージRST上に真空吸着によって保持され、レチクルステージRSTは、Y方向に平行に配置された2本のガイド4A及び4B上にエアベアリングを介してY方向に移動自在に

在に載置されている。更に本例では、ガイド4A及び4B上に、レチクルステージRSTとは独立にエアベアリングを介してY方向に移動自在に計測用ステージ5が載置されている。

【0026】図3は、レチクルステージRST及び計測用ステージ5を示す平面図であり、この図3において、Y方向(走査方向)に伸びたガイド4A及び4Bに沿って、それぞれ不図示のリニアモータ等によってY方向に駆動されるようにレチクルステージRST、及び計測用ステージ5が配置されている。ガイド4A、4Bの長さには、走査露光時のレチクルステージRSTの移動ストロークよりも、少なくとも計測用ステージ5の幅分だけ長く設定されている。また、レチクルステージRSTは、Y方向に移動する駆動ステージと、この駆動ステージ上で2次元的な位置が微調整できる微動ステージとを組み合わせて構成されている。

【0027】そして、計測用ステージ5上にX方向に細長いガラス板よりなる基準板6が固定され、基準板6上に投影光学系PLの結像特性計測用の複数の指標マークIMが所定の配置で形成されている。基準板6は、レチクルRに対する露光光のスリット状の照明領域9、より正確には投影光学系PLのレチクルR側の視野を覆うことができるだけの大きさを備えている。基準板6を使用することで、結像特性計測用の専用レチクルを用意しておく必要がなく、且つ、実露光用のレチクルRとその専用レチクルとの交換時間も不要となるため、結像特性を高精度に計測でき、投影光学系PLの経時変化に正確に追従することができる。

【0028】このように本例では、基準板6用の計測用ステージ5が独立に設けられ、本来のレチクルステージRST上には、レチクルRの他に計測用の部材は搭載されていない。即ち、レチクルステージRSTは、走査露光のために必要最小限の走査、及び位置決め機能のみを備えればよい。レチクルステージRSTの小型化、軽量化が実現されている。従って、レチクルステージRSTをより高速に走査できるため、露光工程のスループットが向上する。特に縮小投影の場合には、レチクルステージRSTの走査速度はウエハステージの走査速度の1/ β 倍(例えば4倍、5倍等)になるため、走査速度の上限はレチクルステージでは決定されることがあり、この場合には本例では特にスループットが大きく向上する。

【0029】また、ガイド4A、4Bに対して+Y方向に設置されたレーザ干渉計7YからレチクルステージRSTの+Y方向の側面の移動軌にレーザビームが照射され、+X方向に設置された2軸のレーザ干渉計7X1、7X2からレチクルステージRSTの+X方向の側面の移動軌にレーザビームが照射され、レーザ干渉計7Y、7X1、7X2によってレチクルステージRSTのX座標、Y座標、及び回転角が計測され、計測値が図1の主

制御系10に供給され、主制御系10はその計測値に基づいてリニアモータ等を介してレチクルステージRSTの速度や位置を制御する。また、ガイド4A、4Bに対して-Y方向に設置されたレーザ干渉計8Yから計測用ステージ5の-Y方向の側面の移動軌にレーザビームが照射され、レーザ干渉計8Yによって計測される計測用ステージ5のY座標が主制御系10に供給されている。Y軸のレーザ干渉計7Y及び8Yの光軸は、それぞれY方向に沿って照明領域9の中心、即ち投影光学系PLの光軸AXを通過しており、レーザ干渉計7Y及び8Yは、それぞれ常時レチクルステージRST及び計測用ステージ5の走査方向の位置を計測している。

【0030】そして、結像特性の計測時に、レチクルステージRSTを+Y方向に待避させて、基準板6が照明領域9を覆うように計測用ステージ5をY方向に移動すると、レーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームがレチクルステージRSTの側面から外れて計測用ステージ5の+X方向の側面の移動軌に照射されるようになる。このときにレーザ干渉計8Y及び7X1、7X2から得られる計測値に基づいて、主制御系10はリニアモータ等を介して計測用ステージ5の位置を高精度に制御する。なお、この際に基準板6を照明領域9に対してより高精度に位置合わせしたい場合には、基準板6上にアライメントマークを形成しておき、このマークの位置をレチクルアライメント顕微鏡を用いて検出すればよい。

【0031】一方、計測中には、レチクルステージRSTの非走査方向の位置は計測されないが、露光のためにレチクルステージRSTが照明領域9下に進すれば、再びレーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームがレチクルステージRSTの移動軌に照射されるようになる。そして、最終的な位置合わせはレチクルアライメント顕微鏡を用いて行われるため、レーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームが途切れることの不都合はない。

【0032】図1に戻り、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージWSTに保持され、ウエハステージWSTは定盤13上にエアベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に載置されている。ウエハステージWSTには、ウエハWのZ方向の位置(フォーカス位置)、及び傾斜角を制御するフォーカス・ベアリング機構が組み込まれている。また、定盤13上にウエハステージWSTとは別体でエアベアリングを介してX方向、Y方向に移動自在に各種の計測装置が備えられた計測用ステージ14が載置されている。計測用ステージ14にも、その上面のフォーカス位置を制御する機構が組み込まれている。

【0033】図2は、ウエハステージWST、及び計測用ステージ14を示す平面図であり、この図2において、定盤13の表面の内部には例えば所定の配列でコイ

ル列が埋め込まれ、そのコイル列、及び対応する磁石列によってそれぞれ平面モータが構成され、この平面モータによってウエハステージWST、及び計測用ステージ14のX方向、Y方向の位置、及び回転角が互いに独立に制御されている。なお、平面モータについては、例えば特開平8-51756号公報においてより詳細に開示されている。

【0034】本例のウエハステージWSTは、露光に必要な最小限の機能のみを備えている。即ち、ウエハステージWSTは、フォーカス・ベアリング機構を備えたと共に、ウエハステージWST上には、ウエハWを吸着保持するウエハホルダ(ウエハWの底面側)と、ウエハステージWSTの位置計測用の基準マーク板17との2つの部材が固定されている。基準マーク板17上には、X方向、及びY方向の位置基準となる基準マーク(不図示)が形成されており、この基準マークの位置をアライメントセンサ16で検出することによって、ウエハステージWST(ウエハW)の例えばレチクルRの投影像に対する位置関係が検出される。

【0035】また、計測用ステージ14の表面は、ウエハステージWST上のウエハWの表面とはほぼ同じ高さに設定されている。そして、計測用ステージ14には、投影光学系PLを通過した露光光の全部の単位時間当たりのエネルギー(入射エネルギー)を計測するための光電センサよりなる照射量モニタ18、投影光学系PLによるスリット状の露光領域12内での照度分布を計測するための光電センサよりなる照度むらセンサ19、及び結像特性測定用のスリット21X、21Yが形成された測定板20が固定されている。測定板20のX軸のスリット21X、及びY軸のスリット21Yの底面側にはそれぞれ集光レンズ、及び光電センサが配置され、測定板20、及び光電センサ等より空間像検出系が構成されている。なお、そのスリット21X、21Yの代わりに、矩形開口のエッジを使用してもよい。そして、照射量モニタ18の受光面は、露光領域12を覆う大きさに形成されると共に、照度むらセンサ19の受光部はピンホール状となっており、照射量モニタ18及び照度むらセンサ19の検出信号は図1の主制御系10に供給されている。

【0036】また、測定板20の底部の光電センサの検出信号は図1の結像特性演算系11に供給されている。この場合、投影光学系PLの結像特性の計測時には、図3のレチクル側の計測用ステージ5上の基準板6が照明領域9に移動され、基準板6に形成されている指標マークIMの像がウエハステージ側に投影され、その像を計測板20上のスリット21X、21YでそれぞれX方向、Y方向に走査しつつ、底部の光電センサからの検出信号を結像特性演算系11で取り込む。結像特性演算系11では、その検出信号を処理してその指標マークIM

の像の位置、及びコントラスト等を検出し、この検出結果より投影像の像面湾曲、ディストーション、ベストフォーカス位置等の結像特性を求めて主制御系10に出力する。更に、不図示であるが、投影光学系PL内の所定のレンズを駆動して所定のディストーション等の結像特性を補正する機構も設けられており、主制御系10はこの補正機構を介して投影光学系PLの結像特性を補正できるように構成されている。

【0037】図2において、計測用ステージ14に備えられている照射量モニタ18、照度むらセンサ19、及び測定板20の底部の光電センサ等のセンサには、何れもアンパ等の発熱源、及び電源や通信用の信号ケーブルが接続されている。従って、それらのセンサが露光用のウエハステージWSTに搭載されていると、センサに付随する熱源や信号ケーブルの張力によって位置決め精度等が劣化する恐れがある。また、結像特性等の計測中の露光光の照射による熱エネルギーも位置決め精度の悪化等を招く恐れがある。これに対して本例では、それらのセンサが露光用のウエハステージWSTから分離された計測用ステージ14に設けられているため、ウエハステージWSTを小型化、軽量化できると共に、計測用のセンサの熱源や計測中の露光光の熱エネルギーによる位置決め精度の低下が防止できる利点がある。ウエハステージWSTの小型化によって、ウエハステージWSTの移動速度や制御性が向上し、露光工程のスループットが高まると共に、位置決め精度等がより向上する。

【0038】また、定盤13に対して+Y方向に設置されたレーザ干渉計15YからウエハステージWSTの+Y方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、-X方向に設置された2軸のレーザ干渉計15X1、15X2からウエハステージWSTの-X方向の側面の移動鏡にレーザビームが照射され、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2によってウエハステージWSTのX座標、Y座標、及び回転角が計測され、計測値が図1の主制御系10に供給され、主制御系10はその計測値に基づいて平面モータを介してウエハステージWSTの速度や位置を制御する。また、露光光の入射エネルギー等の計測時には、それらの位置計測用のレーザビームは計測用ステージ14の移動鏡に照射される。

【0039】図4は、露光光の入射エネルギー等の計測時のウエハステージWST、及び計測用ステージ14の配置の一例を示し、この図4に示すようにウエハステージWSTを露光領域12から離れた位置に待避させて、露光領域12が計測用ステージ14にかかるように計測用ステージ14を移動すると、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームが、ウエハステージWSTの側面から外れて計測用ステージ14の側面の移動鏡に照射されるようになる。このときにレーザ干渉計15Y及び15X1、15X2から得られる計測値に基づいて、主制御系10は平面モータを介して計測用

ステージ14の位置を高精度に制御する。なお、平面モータをオープンループで駆動することによってウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置は大きめに制御できるため、レーザビームが照射されていない状態では、主制御系10はウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置を平面モータを用いてオープンループ方式で駆動する。但し、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2の他に、ウエハステージWST、及び計測用ステージ14の位置を所定精度で検出するためのリニアエンコーダ等を設けておき、レーザビームが照射されていない状態では、それらのリニアエンコーダ等を用いて位置計測を行ってもよい。

【0040】図1に戻り、不図示であるが、投影光学系PLの側面には、ウエハWの表面の複数の計測点にスリット像を斜めに投影し、その反射光によって再結像されるスリット像の像ずれ量から対応する計測点のフォーカス位置を検出する斜入射方式の焦点位置検出系（AFセンサ）が設置されている。その焦点位置検出系の検出結果に基づいて、走査露光中のウエハWの表面が投影光学系PLの像面に合焦される。なお、図2では省略しているが、計測用ステージ14上にはその焦点位置検出系用の基準面を有する基準部材も搭載されている。

【0041】次に、本例の投影露光装置の動作につき説明する。まず、ウエハステージ側の計測用ステージ14を用いて投影光学系PLに対する露光光ILの入射光量を計測する。この場合、レチクルRがロードされた状態での入射光量を計測するために、図1において、レチクルステージRST上に露光用のレチクルRがロードされ、レチクルRが露光光ILの照明領域上に移動する。その後、図4に示すように、ウエハステージWSTは定盤13上で例えば+Y方向に待避し、計測用ステージ14が投影光学系PLによる露光領域12に向かって移動する。その後、計測用ステージ14上の照射量モニタ18の受光面が露光領域12を覆う位置で計測用ステージ14が停止し、この状態で照射量モニタ18を介して露光光ILの光量が計測される。

【0042】主制御系10では、その計測された光量を結像特性演算系11に供給する。この際に、例えば照明系1内で露光光ILから分岐して得られる光束を検出して得られる計測値も結像特性演算系11に供給されており、結像特性演算系11では、2つの計測値に基づいて、照明系1内でモータされる光量から投影光学系PLに入射する光量を間接的に演算するための係数を算出して記憶する。この間に、ウエハステージWSTにはウエハWがロードされる。その後、図2に示すように、計測用ステージ14は露光領域12から離れた位置に待避し、ウエハステージWST上のウエハWの中心が投影光学系PLの光軸A（露光領域12の中心）付近に位置するように、ウエハステージWSTの移動が行われる。ウエハステージWSTが待避中であるときには、図4に

示すように、レーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームは照射されないため、例えば平面モータをオープンループ方式で駆動することによって位置制御が行われている。

【0043】その後、計測用ステージ14が露光領域12から待避して、ウエハステージWSTにレーザ干渉計15Y、15X1、15X2からのレーザビームが照射されるようになった時点で、ウエハステージWSTの位置はそれらのレーザ干渉計の計測値に基づいて制御されるようになる。その後、レチクルRの上方の不図示のレチクルアライメント顕微鏡を用いて、レチクルR上の所定のアライメントマークと、図2の基準マーク部材17上の所定の基準マークとの位置ずれ量を所定の目標値にするように、レチクルステージRSTを駆動することによって、レチクルRのアライメントが行われる。これとほぼ同時に、その基準マーク部材17上の別の基準マークの位置を図1のアライメントセンサ16で検出することによって、ウエハステージWSTのレチクルRの投影像に対する位置関係（ベースライン量）が正確に検出される。

【0044】次に、アライメントセンサ16を介してウエハW上の所定のショット領域（サンプルショット）に付設されたウエハマークの位置を検出することによって、ウエハWの各ショット領域の配列座標が求められる。その後、その配列座標、及びアライメントセンサ16の既知のベースライン量に基づいて、ウエハWの露光対象のショット領域とレチクルRのパターン像との位置合わせを行いながら、走査露光が行われる。

【0045】走査露光時には、図1において、露光光ILの照明領域9（図3参照）に対して、レチクルステージRSTを介してレチクルRが+Y方向（又は-Y方向）に速度VRで走査されるのに同期して、露光領域12に対してウエハステージWSTを介してウエハWが-X方向（又は+X方向）に速度β・VR（βは投影倍率）で走査される。走査方向が逆であるのは、投影光学系PLが反転像を投影することによる。そして、1つのショット領域への露光が終了すると、ウエハステージWSTのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域への露光が順次行われる。この走査露光中には、図2及び図3に示すように、ウエハステージ側の計測用ステージ14、及びレチクルステージ側の計測用ステージ5はそれぞれ露光領域12に待避している。

【0046】また、露光中には、例えば照明系1内で露光光ILから分岐した光束の光量が常時計測されて結像特性演算系11に供給され、結像特性演算系11では、供給される光量の計測値、及び予め求めた係数に基づいて投影光学系PLに入射する露光光ILの光量を算出し、露光光ILの吸収によって発生する投影光学系P

Lの結像特性（投影倍率、ディストーション等）の変化量を計算し、この計算結果を主制御系10に供給する。主制御系10では、例えば投影光学系PL内の所定のレンズを駆動することによって、その結像特性の補正を行う。

【0047】以上が、通常の露光であるが、本例の投影露光装置のメンテナンス等で装置状態を計測するときには、計測用ステージ14を露光領域12側に移動して計測を行う。例えば、露光領域12内の照度均一性を測定するときは、レチクルRをレチクルステージRSTから除いた後、図4において、照度むらセンサ19を露光領域12内でX方向、Y方向に微動しながら照度分布を計測する。この際に、計測用ステージ14の位置をより正確に求める必要があれば、ウエハステージWSTと同様に基準マーク部材17に相当する基準マーク部材を計測用ステージ14上に設け、アライメントセンサ16でその基準マーク部材内の基準マークの位置を測定するようにしてもよい。

【0048】次に、レチクルステージ側の計測用ステージ5、及びウエハステージ側の計測用ステージ14を用いて、投影光学系PLの結像測定を測定する動作につき説明する。この場合、図3において、レチクルステージRSTは+Y方向に待避して、計測用ステージ5上の基準部材6が照明領域9内に移動する。このとき、計測用ステージ5には非走査方向のレーザ干渉計7X1、7X2からのレーザビームも照射されるようになるため、レーザ干渉計8Y、7X1、7X2の計測値に基づいて計測用ステージ5の位置は高精度に位置決めできる。

【0049】このときに、既に説明したように、ウエハステージ側には複数の指標マークIMの像が投影光学系PLを介して投影される。この状態で、図4において、計測用ステージ14を駆動して、測定板20上のスリットでその指標マークIMの像をX方向、Y方向に走査し、測定板20の底部の光電センサの検出信号を結像特性演算系11で処理することによって、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。また、測定板20のフォーカス位置を所定量ずつ変えながら、それらの像の位置、及びコントラストが求められる。これらの測定結果より、結像特性演算系11は、投影光学系PLの投影像のベストフォーカス位置、像面湾曲、ディストーション（倍率誤差を含む）といった結像特性の変動量を求める。この変動量は主制御系10に供給され、その変動量が許容範囲を越える場合には、主制御系10は投影光学系PLの結像特性を補正する。

【0050】上記の実施形態では、図2に示すように、ウエハステージWST及び計測用ステージ14は、それぞれ定盤13上で平面モータによって駆動されている。しかしながら、1次元モータの組み合わせによってウエハステージWST及び計測用ステージ14を2次元的に駆動する構成も可能である。そこで、次に、ウエハ

ステージ、及び計測用ステージをそれぞれ1次元モータを組み合わせた機構で駆動する第2の実施の形態につき、図5を参照して説明する。本例も、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に本発明を適用したものであり、図8において図1及び図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0051】図5(a)は本例の投影露光装置のウエハステージ側を示す平面図、図5(b)はその正面図であり、図5(a)、(b)において、定盤33の上面にX方向に沿って平行に2本のX軸リニアガイド34A及び34Bが設置され、X軸リニアガイド34A及び34Bを連結するように、Y方向(走査方向)に細長いY軸リニアガイド32が設置されている。Y軸リニアガイド32は、不図示のリニアモータによってX軸リニアガイド34A、34Bに沿ってX方向に駆動される。

【0052】また、Y軸リニアガイド32に沿ってそれぞれY方向に移動自在に、且つ互いに独立にウエハステージ31及び計測用ステージ35が配置され、ウエハステージ31上不図示のウエハホルダを介してウエハWが吸着保持され、計測用ステージ35上には照射量モニタ18、照度むらセンサ19、及び測定板20が固定され、測定板20の底部には光電センサが組み込まれている。この場合、ウエハステージ31、及び計測用ステージ35の底面はそれぞれエアベアリングを介して定盤33上に載置され、ウエハステージ31、及び計測用ステージ35はそれぞれ独立に不図示のリニアモータを介してY軸リニアガイド32に沿ってY方向に駆動される。即ち、ウエハステージ31、及び計測用ステージ35はそれぞれ独立にY軸リニアガイド32、及びX軸リニアガイド34A、34Bに沿って2次元的に駆動される。そして、本例においても、図3のレチクルステージ側のレーザ干渉計7Y、7X1、7X2、8Yと同様な4軸のレーザ干渉計によって、ウエハステージ31、及び計測用ステージ35の2次元的な位置が計測され、この計測結果に基づいてウエハステージ31、及び計測用ステージ35の位置や駆動速度が制御されている。その他の構成は第1の実施の形態と同様である。

【0053】本例において、露光光の照射エネルギー、又は投影光学系の結像特性を計測する際には、露光光による露光領域に対して-Y方向に離れた位置にウエハステージ31が待避して、その露光領域に計測用ステージ35が移動する。一方、露光時には、露光光による露光領域に対して+Y方向に離れた位置に計測用ステージ35が待避する。その後、ウエハステージ31をX方向、Y方向にステップングさせて、ウエハW上の露光対象のショット領域を露光領域に対する走査開始位置に移動した後、ウエハステージ31をY軸リニアガイド32に沿ってY方向に定速移動することによって、当該ショット領域への走査露光が行われる。

【0054】上述のように本例によれば、Y軸リニアガ

イド32に沿って計測用ステージ35がウエハステージ31とは独立に配置されている。この構成によって、より高いステージの制御精度が要求される走査方向(Y方向)の駆動では、計測用ステージ35を駆動する必要がないと共に、ウエハステージ31は小型化、軽量化されているため、走査速度が向上でき、走査露光時の同期精度等も向上している。一方、非走査方向(X方向)に対しては計測用ステージ35も同時に駆動されるため、駆動機構に対する負荷は大きくなる。しかしながら、非走査方向では走査方向に比べてそれほど高い制御精度が要求されないため、そのような負荷の増加の影響は小さい。更に、発熱源としての計測用ステージ35がウエハステージ31から分離されているため、ウエハステージ31の位置決め精度等の低下が防止されている。

【0055】なお、本例において、図5(a)、(b)に2点側視で示すようにY軸リニアガイド32と並列に第2のY軸リニアガイド36をX方向に移動自在に配置し、このY軸リニアガイド32に計測用ステージ35をY方向に移動自在に配置してもよい。これによって、ウエハステージ31をX方向へ駆動する際の制御精度も向上する。

【0056】また、上記の第1の実施の形態では、図3に示すように、同一のガイド4A、4Bに沿ってレチクルステージ35T、及び計測用ステージ35が配置されているが、図2のウエハステージ側のようにレチクルステージ35T、及び計測用ステージ35が独立に2次元的に動けるようにしてもよい。更に、上記の実施の形態では、ウエハWが載置されるウエハステージWS T、31はそれぞれ1つだけ設けられているが、ウエハWが載置されるウエハステージを複数個設けてもよい。この場合、1つのウエハステージで露光を行い、他方のウエハステージでアライメント用の計測、あるいはウエハ交換を行う方法を使用することもできる。同様に、レチクルステージ側にもレチクルRが載置される複数のレチクルステージを設け、これら複数のレチクルステージに異なるレチクルを載置して、これらのレチクルを順次ウエハ上の同一のショット領域に露光条件(フォーカス位置、露光量、照明条件等)を変えて露光するようにしてもよい。

【0057】次に、本発明の第3の実施の形態につき図6及び図7を参照して説明する。本例は、ウエハステージに設けられた計測装置を冷却する冷却装置を設けたものであり、図6及び図7において図1及び図2に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。図6は、本例の投影露光装置を示し、この図6において、投影光学系PLによる露光領域12側にウエハWが配置され、ウエハWは不図示のウエハホルダを介してウエハステージ41上に保持され、ウエハステージ41は定盤13上に例えば平面モータによってX方向、Y方向に駆動されるように配置されている。不図示であるがウエハステージ41内にはウエハWのフォーカス位置、及

び傾斜角を制御する機構も組み込まれている。更に、ウエハステージ41にはウエハWを囲むように露光光ILや結像特性の計測機構が組み込まれている。

【0058】図7は、図6のウエハステージ41の平面図を示し、この図7において、ウエハW(ウエハホルダ)の近傍には、基準マーク部材17、照射量モニタ18、照度むらセンサ19、スリット21X、21Yが形成された測定板20が配置されている。また、ウエハステージ41上で照射量モニタ18の近傍には、持ち運びできる基準照度計を設置するための凹部47が形成されており、凹部47に基準照度計を設置して露光光ILの入射エネルギーを計測することによって、異なる投影露光装置間の照度のマッチングを取れるようになっている。更に、ウエハステージ41上の一隅に平坦度等の基準となる基準平面が形成された基準部材46も固定されている。本例では、これらの計測機構の熱源を冷却するための冷却装置が設けられている。

【0059】即ち、図6に一部を切り欠いて示すように、測定板20のスリット21Yの底部に露光レンズ42、及び光電センサ43が配置され、不図示であるが光電センサ43にはアンプ等も接続されている。そこで、ウエハステージ41の内部に光電センサ43の近傍を通達するように冷却管44が設置され、冷却管44には大きな可撓性を有する配管45Aを介して、外部の冷却装置より低温の液体よりなる冷媒が供給され、配管45A内を通した冷媒は大きな可撓性を有する配管45Bを介してその冷却装置に戻されている。また、その冷却管44は、図7の照射量モニタ18、照度むらセンサ19の近傍、並びに基準照度計用の凹部47、基準マーク部材17、基準部材46の底部をも通過している。本例では、これらの計測装置のアンプ等の熱源からの熱エネルギーが冷却管44内の冷媒を介して排出されるため、その熱エネルギーによってウエハWの位置決め精度等が悪化することがない。また、露光光ILの入射エネルギー等の計測時に、照射量モニタ18や照度むらセンサ19に露光光ILが照射された場合でも、その照射エネルギーによってウエハWの位置決め精度等が悪化することがない。

【0060】なお、本例では液体よりなる冷媒を使用して計測装置を冷却しているが、例えば空調用の空気等をそれらの計測装置の近傍に集中的に送風して冷却を行ってもよい。次に、本発明の第4の実施の形態につき図8を参照して説明する。本例は、ウエハステージ上でウエハの配置領域(第1のステージ)と計測装置の配置領域(第2のステージ)との間に断熱部材を設けたものであり、図8において図7に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0061】図8は、図7のウエハステージ41と同様に定盤13をX方向、Y方向に駆動されるウエハステージ

41Aを示し、この図8において、ウエハステージ41Aの上層は、熱伝導率の低い材料よりなる断熱板48によって、計測装置設置領域41Aaと、それ以外の領域とに分かれている。熱伝導率の低い材料としては、ステンレススチール、鉄、黄銅等の金属、セラミックス、又はガラス等が使用できる。そして、後者の領域上にウエハホルダ(不図示)を介してウエハWが載置されると共に、位置基準となる基準マーク部材17が設置され、前者の計測装置設置領域41Aa内に、位置基準となるマークが形成された基準マーク部材17A、照射量モニタ18、照度むらセンサ19、基準平面を有する基準部材46、及びスリットが形成された測定板20が配置されている。更に、計測装置設置領域41Aa上には、基準照度計を設置するための凹部47が形成されている。

【0062】本例においても、露光光や結像特性の計測時に計測装置設置領域41Aa内の計測装置が使用されるが、これらの計測装置のアンプ等で発生する熱エネルギーは断熱板48によってウエハW側には拡散しにくい。同様に、計測時に露光光によって与えられる照射エネルギーも断熱板48によってウエハW側には拡散しにくい利点がある。

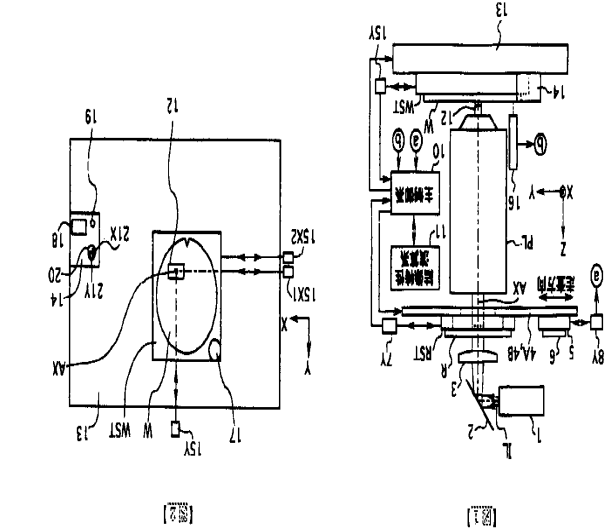
【0063】なお、例えば図2に示すように、ウエハステージWS Tと計測用ステージ14とが分離している構成でも、ウエハステージWS Tと計測用ステージ14との間の空間された空気も断熱部材とみなすことができる。また、レチクルステージ側でも、レチクルが載置される領域と、計測装置が設置される領域との間に断熱部材を配置するようにしてもよい。

【0064】また、上記の実施の形態は本発明をステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置に適用したものであるが、本発明は一括露光型の投影露光装置(ステップ)にも適用できると共に、投影光学系を使用しないプロキシミティ方式の露光装置にも適用できる。また、露光装置のみならず、ウエハ等を位置決めするためのステージを使用する検査装置、又はリペア装置等に用いてもよい。

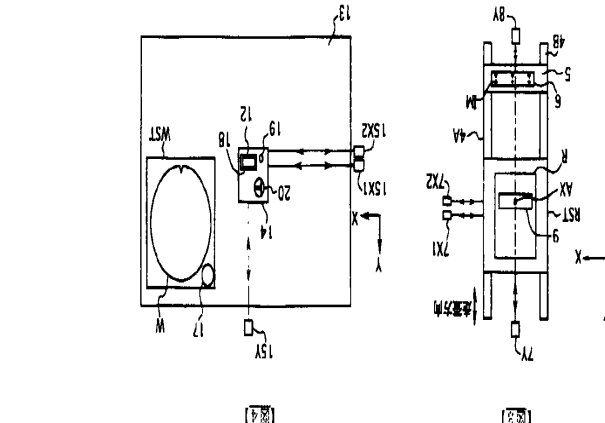
【0065】このように、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0066】

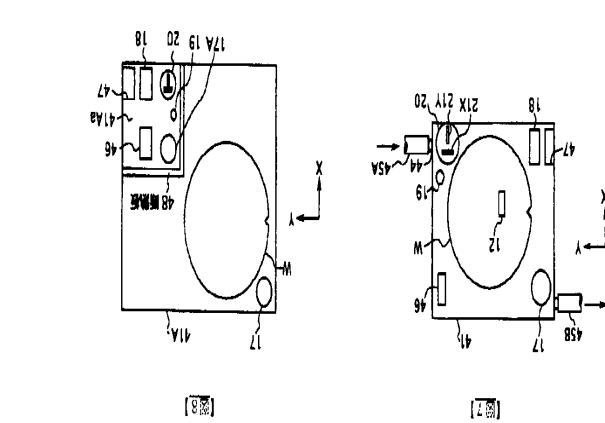
【発明の効果】本発明の第1、又は第2の露光装置によれば、マスク又は基板を移動するための第1のステージに対して計測装置を備えた第2のステージが独立に設けられているため、それぞれ露光ビーム(露光光)の状態、又は投影光学系の結像特性を計測する機能を維持した状態で、マスク又は基板を位置決めするためのステージを小型化、軽量化できる利点がある。従って、これらのステージの制御性能を向上でき、露光工程のスループットも向上すると共に、計測装置を構成する光電セン



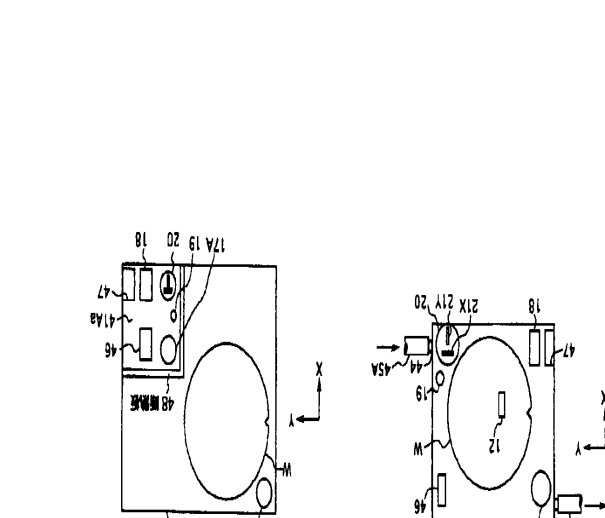
【図1】



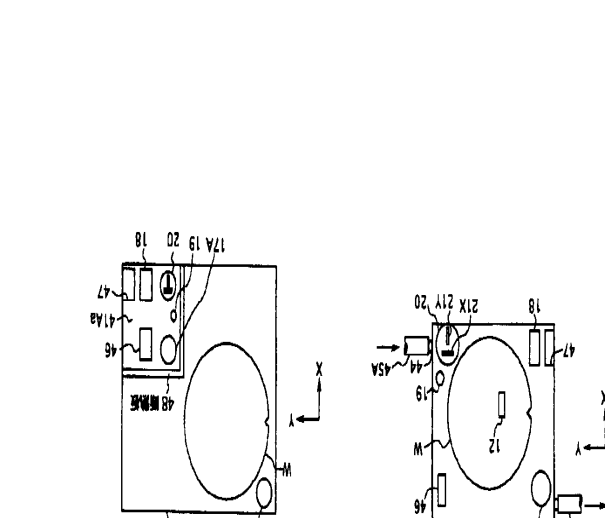
【図2】



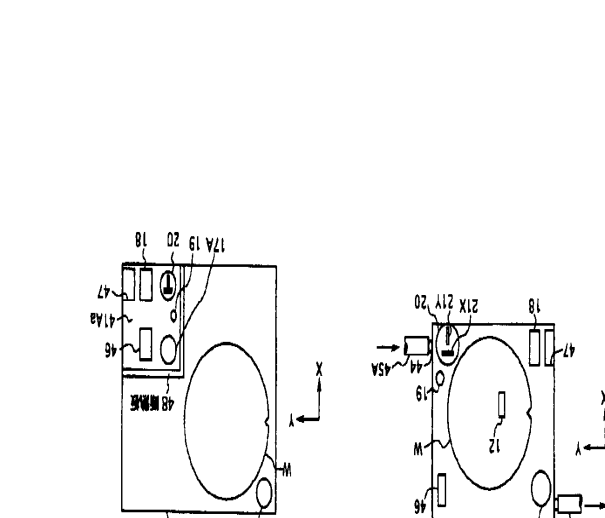
【図3】



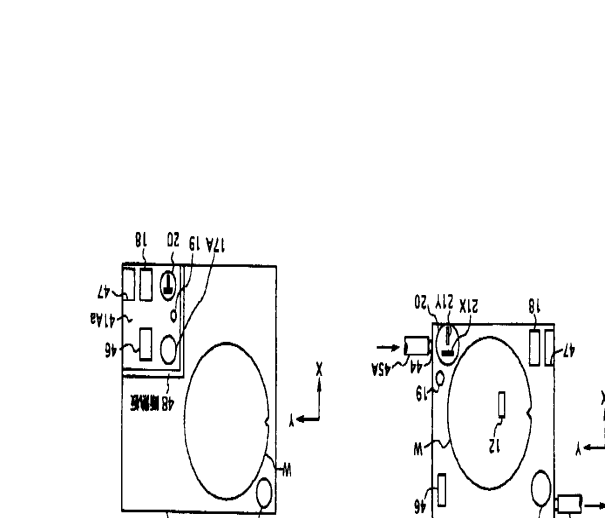
【図4】



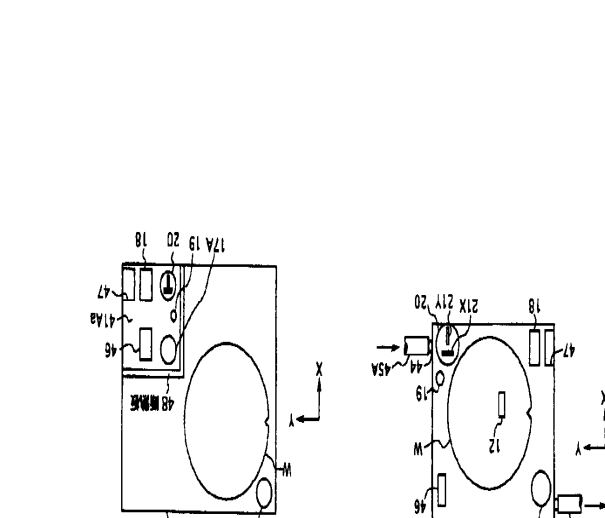
【図5】



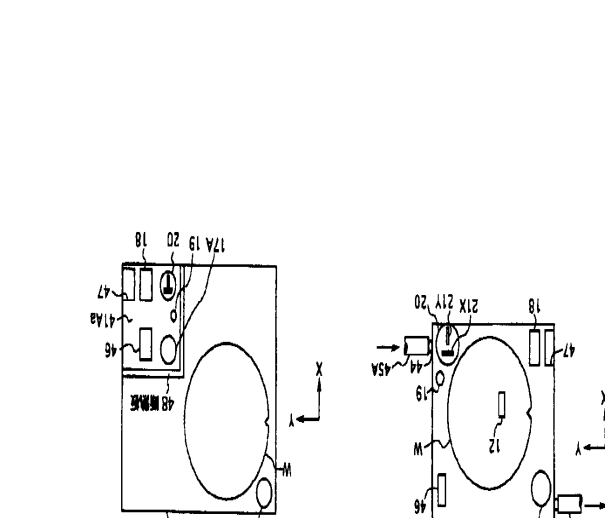
【図6】



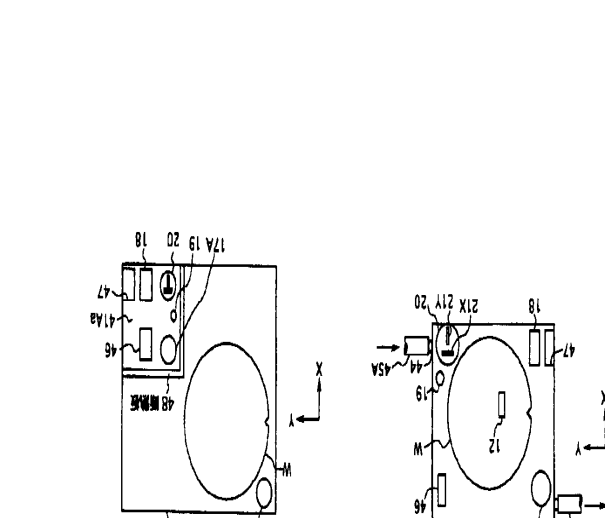
【図7】



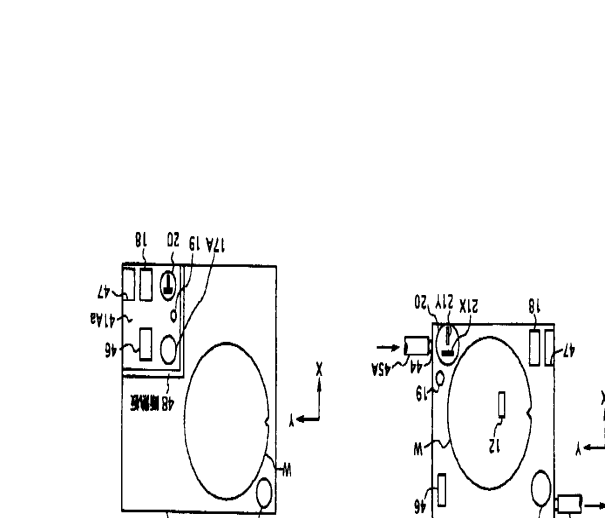
【図8】



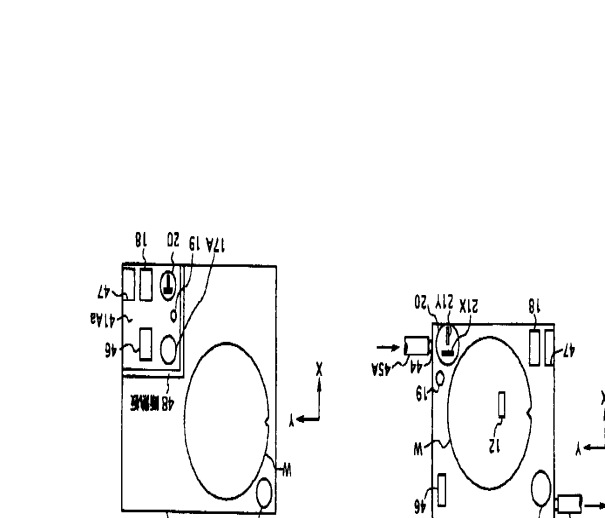
【図9】



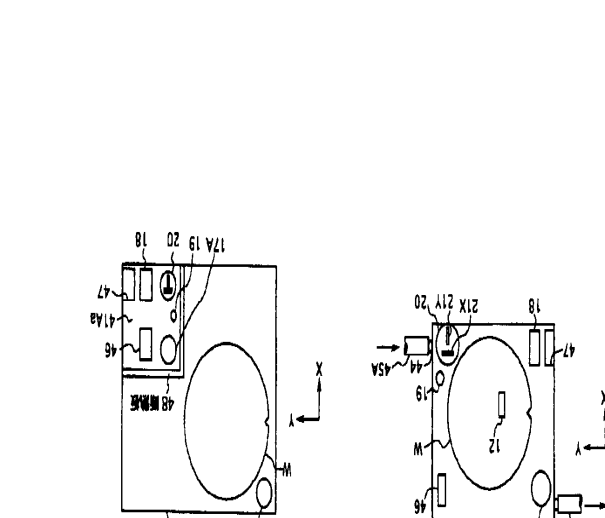
【図10】



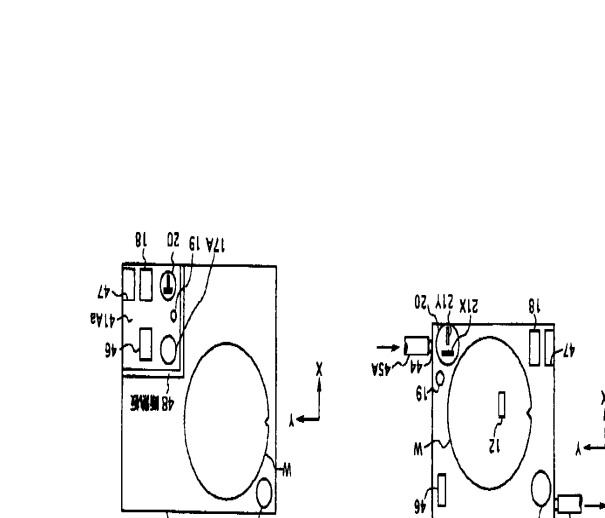
【図11】



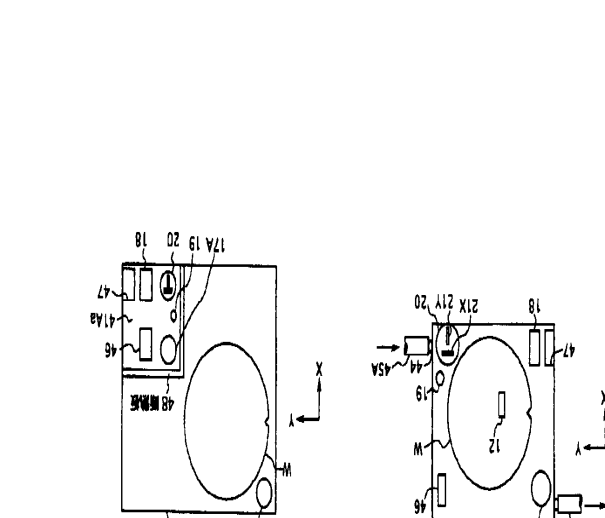
【図12】



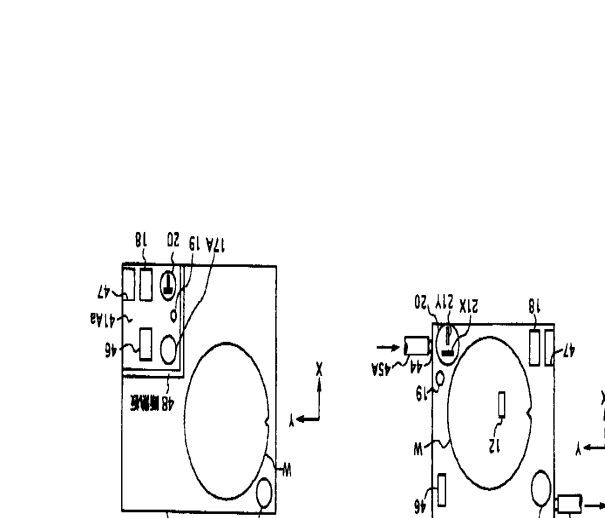
【図13】



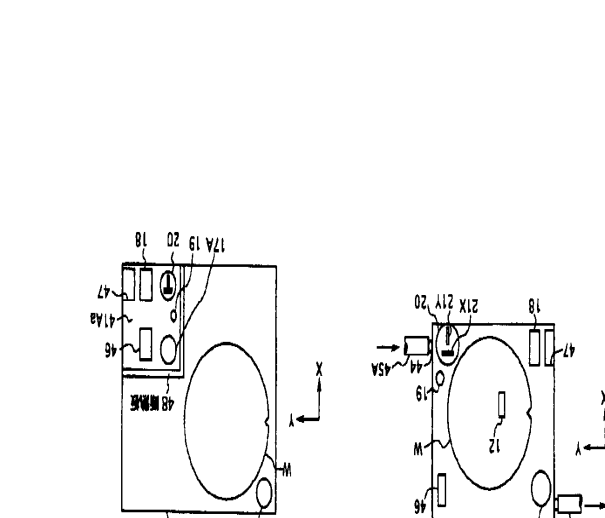
【図14】



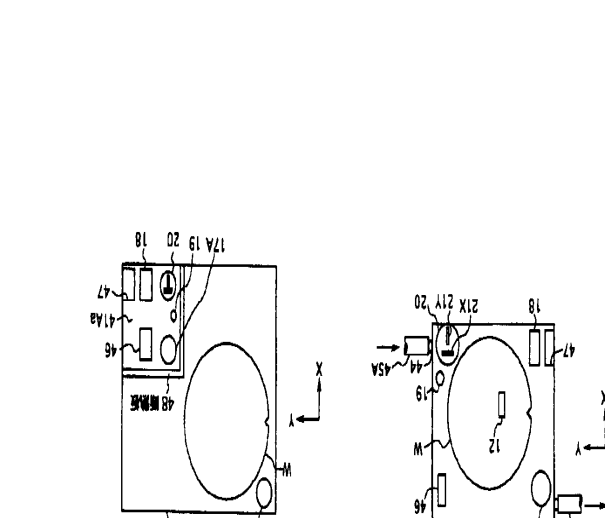
【図15】



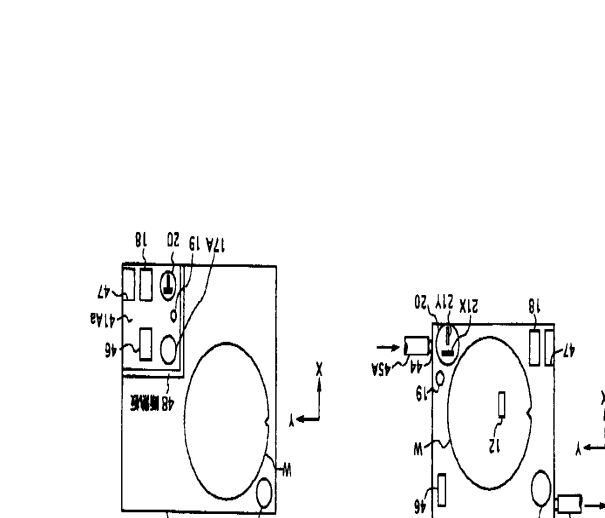
【図16】



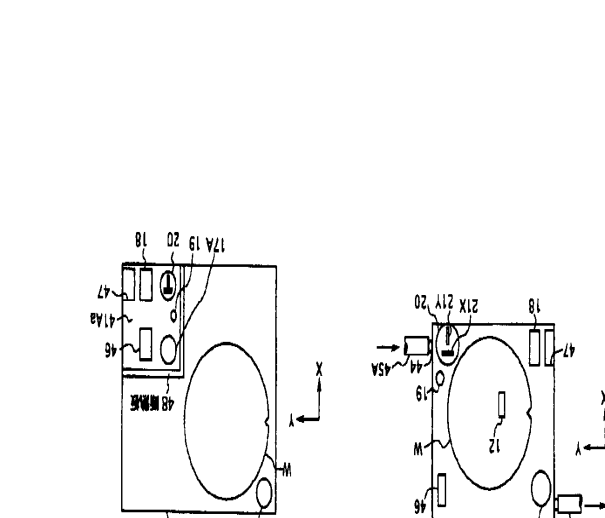
【図17】



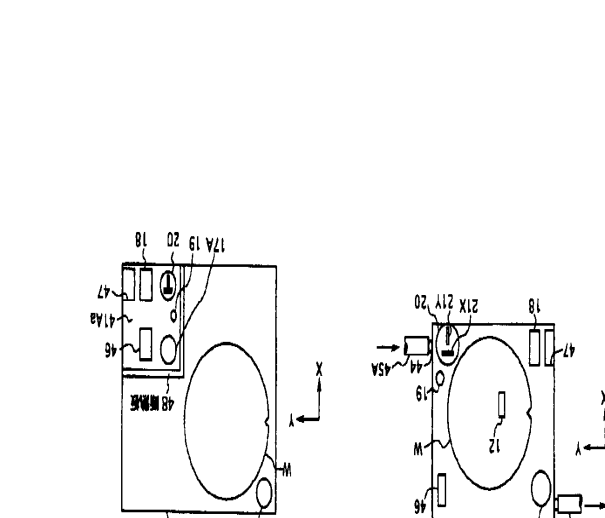
【図18】



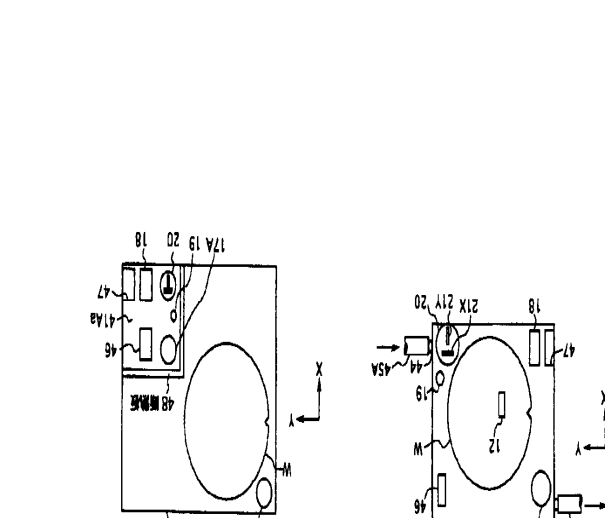
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

